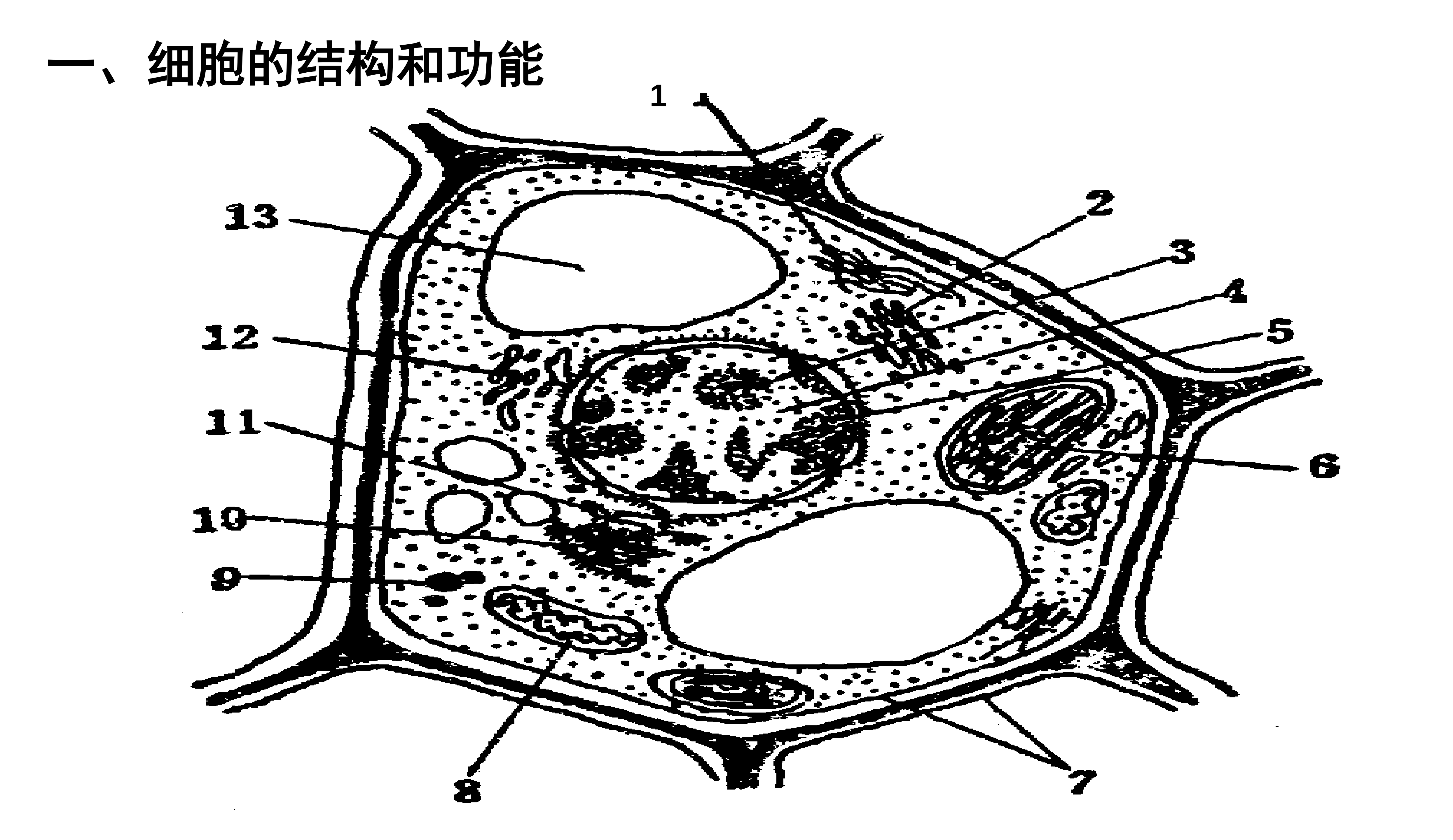
第4篇　遗传与进化



第三章 细胞、染色体、遗传物质

- 生物界除了病毒和噬菌体这类最简单的生物外，不论动物、植物和微生物都是由细胞构成的;细胞是生物体的结构单位和生命活动单位。每一种生物的遗传物质都是整套地存在于各个细胞里;生物的遗传与变异也必须通过细胞分裂来实现。因此，了解细胞的基本结构、功能及增殖过程是学习遗传变异规律的基础。

一、细胞的结构和功能



二、染色体的形态、结构和数目

（一）染色体的数目

各种生物的细胞核内都有特定数目的染色体，其数目的多少，依不同生物的"种"而异。

例如,属于玉米这个种内的不同栽培品种，不同植株，不同器官的体细胞内，都含有20个染色体;普通小麦则为42个染色体;水稻是24个，人类是46个。每一种生物核内的染色体数都十分稳定。

二、染色体的形态、结构和数目

（一）染色体的数目

每一种生物不仅具有一定数目的染色体，而且各具有自已染色体的形态结构特点。

例如玉米的20个染色体的形态结构不同于棉花的52个染色体，也不同于水稻的24个染色体。玉米和高粱虽然都是20个染色体，但染色体的形态结构和所载的遗传物质都不相同，因而性状的表现也不相同。

染色体在生物细胞中都是成双成对存在的。通常以“2n” 表示各种生物体细胞中染色体的数目。

例如玉米细胞中含有20个即10对染色体，可以2n=20个=10对表示。

二、染色体的形态、结构和数目

（一）染色体的数目

每一对染色体在形态结构上彼此相同，称为同源染色体;不同对同源染色体的形态结构各不相同，互称为非同源染色体。

在配子中染色体的数目恰恰是体细胞染色体数目的一半，而且是成单存在的，通常以“n”表示配子中的染色体数。

例如，玉米雌、雄配子中的染色体数为10个，用n=10表示。不难看出，在体细胞中的每一对染色体中，必有一个是父本精子带来的，一个是母本卵子带来的。在有性繁殖时，通过受精作用，使雌雄配子中成单的染色体又恢复成对，从而保证了生物染色体数目的稳定；

种　名	细胞染色体数		种　名	细胞染色体数	
	体细胞（2n）	配子（n）		体细胞（2n）	配子（n）
普通小麦	42	21	果　蝇	8	4
豌豆、大麦、黑麦	14	7	青　蛙	36	18
玉米、高粱、大麻	20	10	兔	44	22
水稻、番茄	24	12	马	64	32
陆地棉、海岛棉	52	26	驴	62	31
马铃薯、红花烟	48	24	水　牛	48	24
谷子、糖用甜菜	18	9	黄　牛	60	30
大　豆	40	20	猪	38	19
甘　薯	90	45	绵　羊	54	27
白　杨	38	19	山　羊	60	30
梨	34	17	鸡	78	39
桑	28	14	猕　猴	42	21
西　瓜	22	11	人　类	46	23

二、染色体的形态、结构和数目

（二）染色体的形态与结构

各种生物的每个染色体都各有特定的形态特征，但在细胞分裂的不同时期染色体形态有着一系列的变化。在分裂前呈网状纤维状态，称为染色质。分裂开始后染色体渐渐加粗变短，其中在细胞分裂中期和早后期表现得最为明显和典型，通常在这个时期进行染色体形态的识别。

在分裂中期，每个染色体包括两根纵向并列的染色单体。

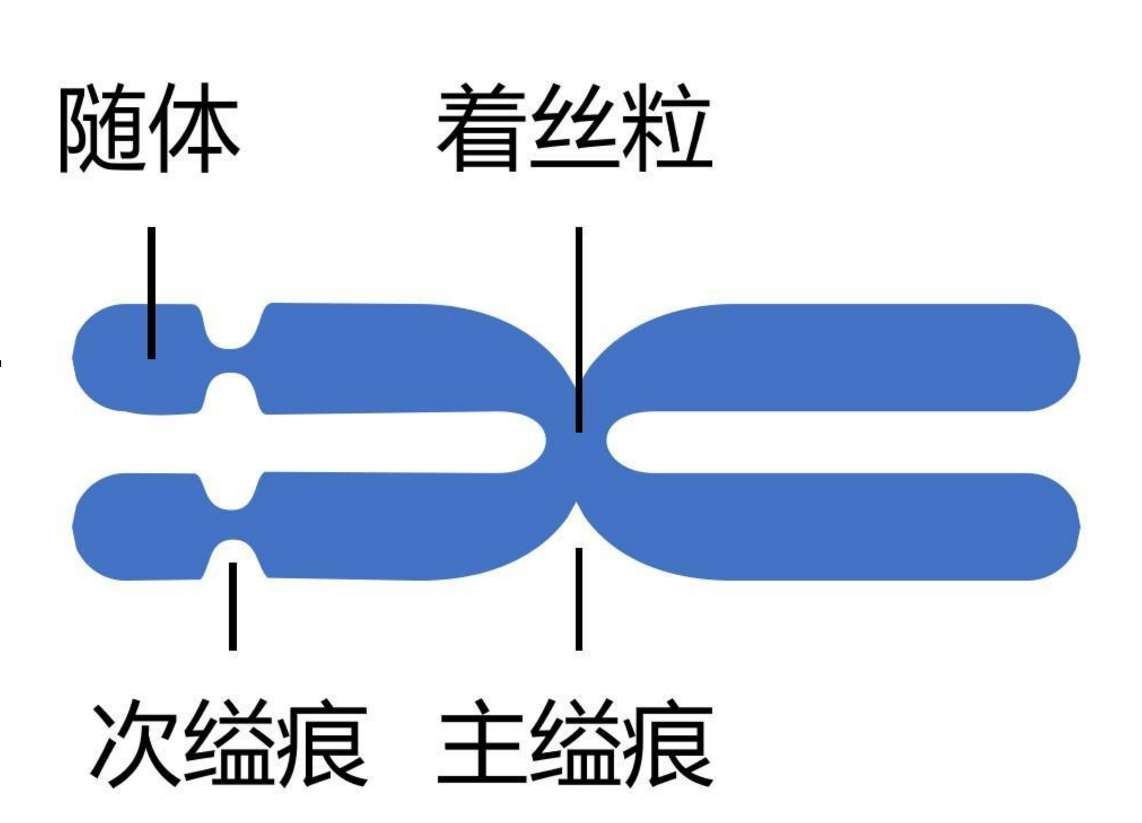


二、染色体的形态、结构和数目

（二）染色体的形态与结构

在外形上通常包括着丝点、主缢痕、次缢痕、随体和二个臂或一个臂。

着丝点是两条染色单体相连接的地方也是细胞分裂时染色体连接纺锤丝的地方，它的附近很细，并且不易着色这个区域叫主缢痕。

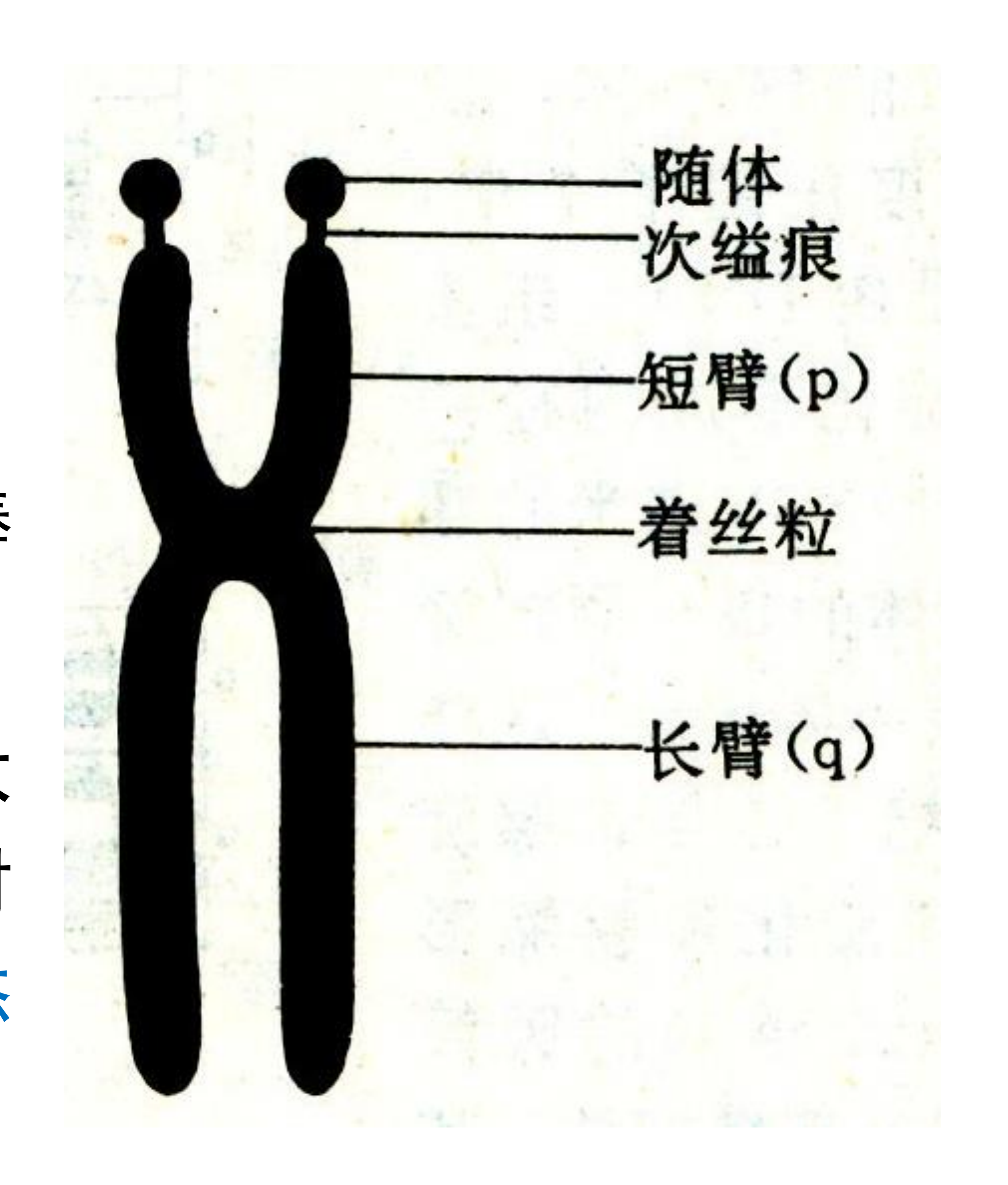


二、染色体的形态、结构和数目

（二）染色体的形态与结构

着丝点两边的染色体叫“臂”。有些染色体还有一处不着色的区域，叫次缢痕。次缢痕连着一个球形或棒形突出物，叫随体。

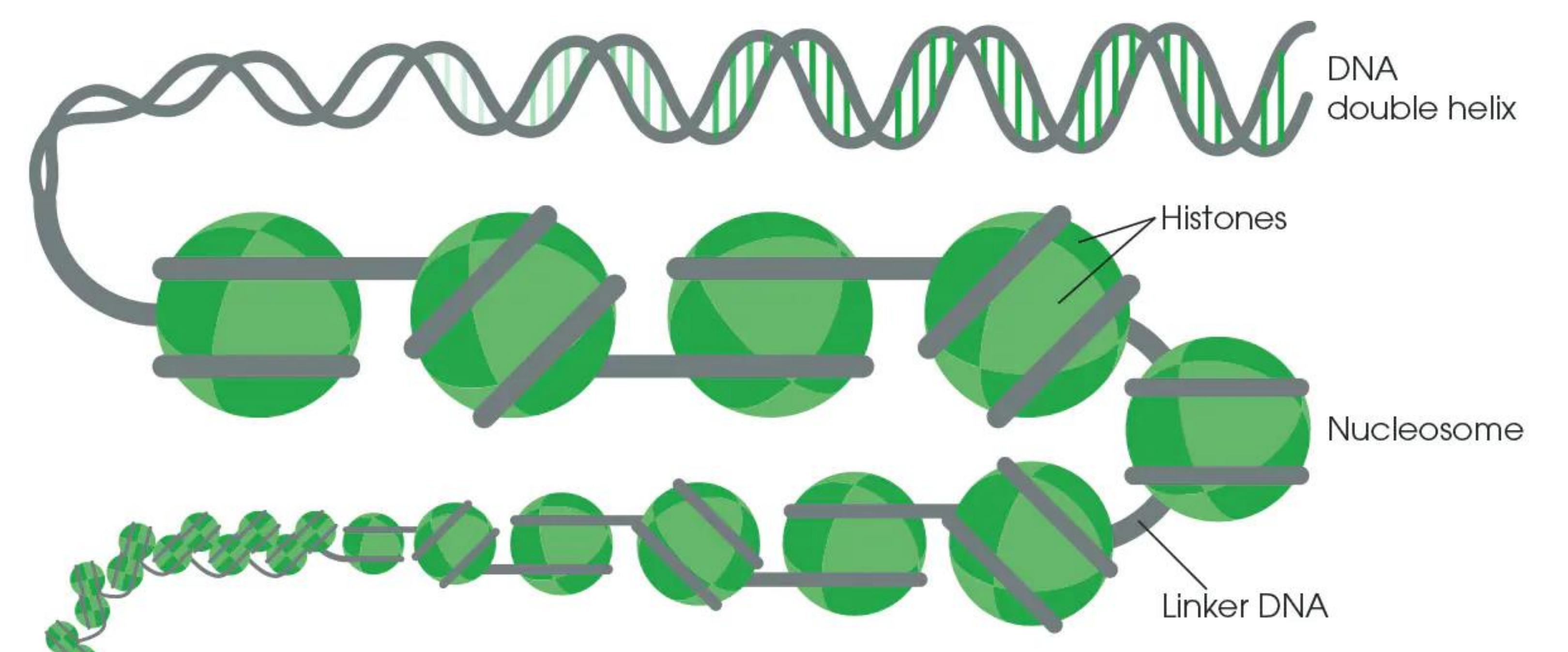
以上各部分的相对位置或形态大小，各个物种的各个染色体都是相对恒定的，这是区别不同染色体的形态标志 。



二、染色体的形态、结构和数目

（二）染色体的形态与结构

染色体的主要成分是**DNA和蛋白质**。每个染色体的骨架是一条盘旋着的DNA分子长链。许多蛋白质分子被这条长链珠状的“**DNA蛋白质纤丝**”。



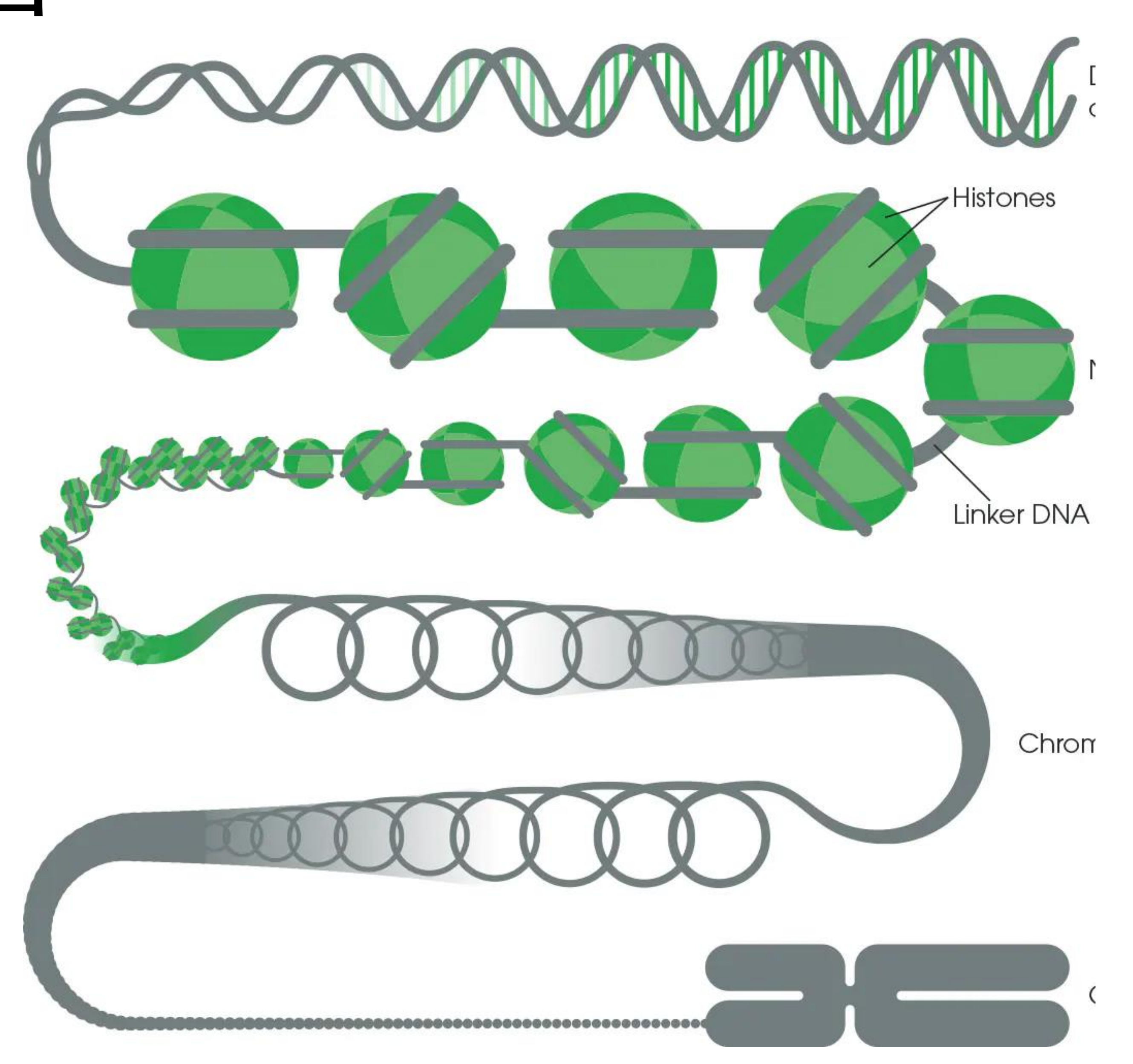
组蛋白

DNA

二、染色体的形态、结构和数目

（二）染色体的形态与结构

这条纤丝又盘绕成螺旋管结构，在细胞分裂过程中，螺旋管进一步盘绕成超级螺旋管，超级螺旋管再次盘绕、折叠，从而造成了染色体的加粗变短，成为具有一定形态结构的染色体。（缩短八千到一万倍）



二、染色体的形态、结构和数目

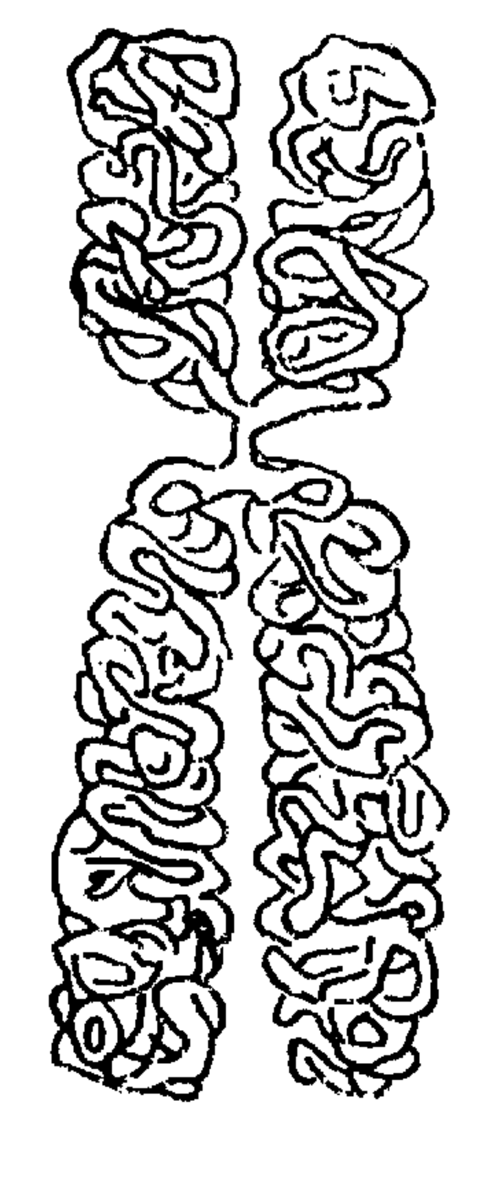
（二）染色体的形态与结构

组蛋白

DNA

1　　2　　3　　4

1、DNA蛋白纤丝 2、螺旋管 3、超级螺旋管 4、染色体



染色体

三、染色体是遗传物质的载体

染色体及其他细胞器上的脱氧核糖核酸(DNA)是各种生物共同的遗传物质（少数病毒不含DNA，其遗传物质是RNA）。

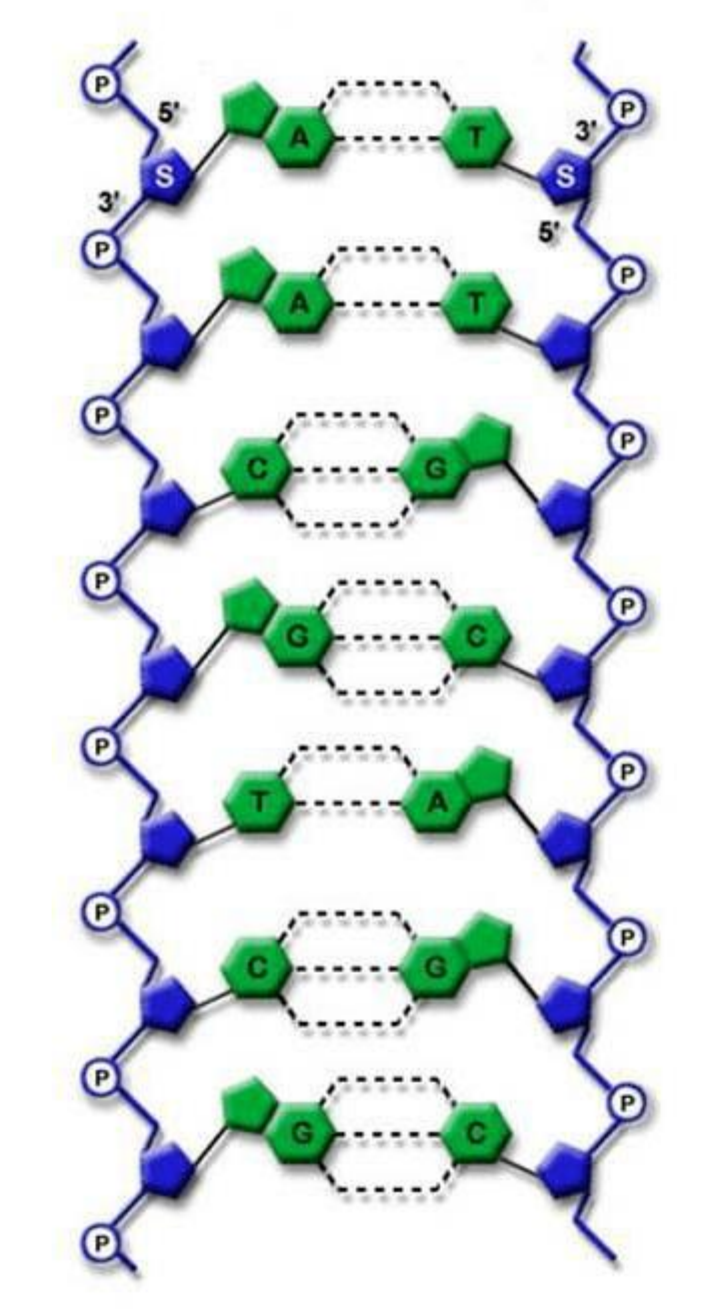
生物的子代与亲代之所以相似，原因就在于亲代通过繁殖将一定分子结构的DNA传给了子代。如果子代个体发生了某些可遗传的性状变异，原因是DNA的分子结构和组成发生了变化。





三、染色体是遗传物质的载体

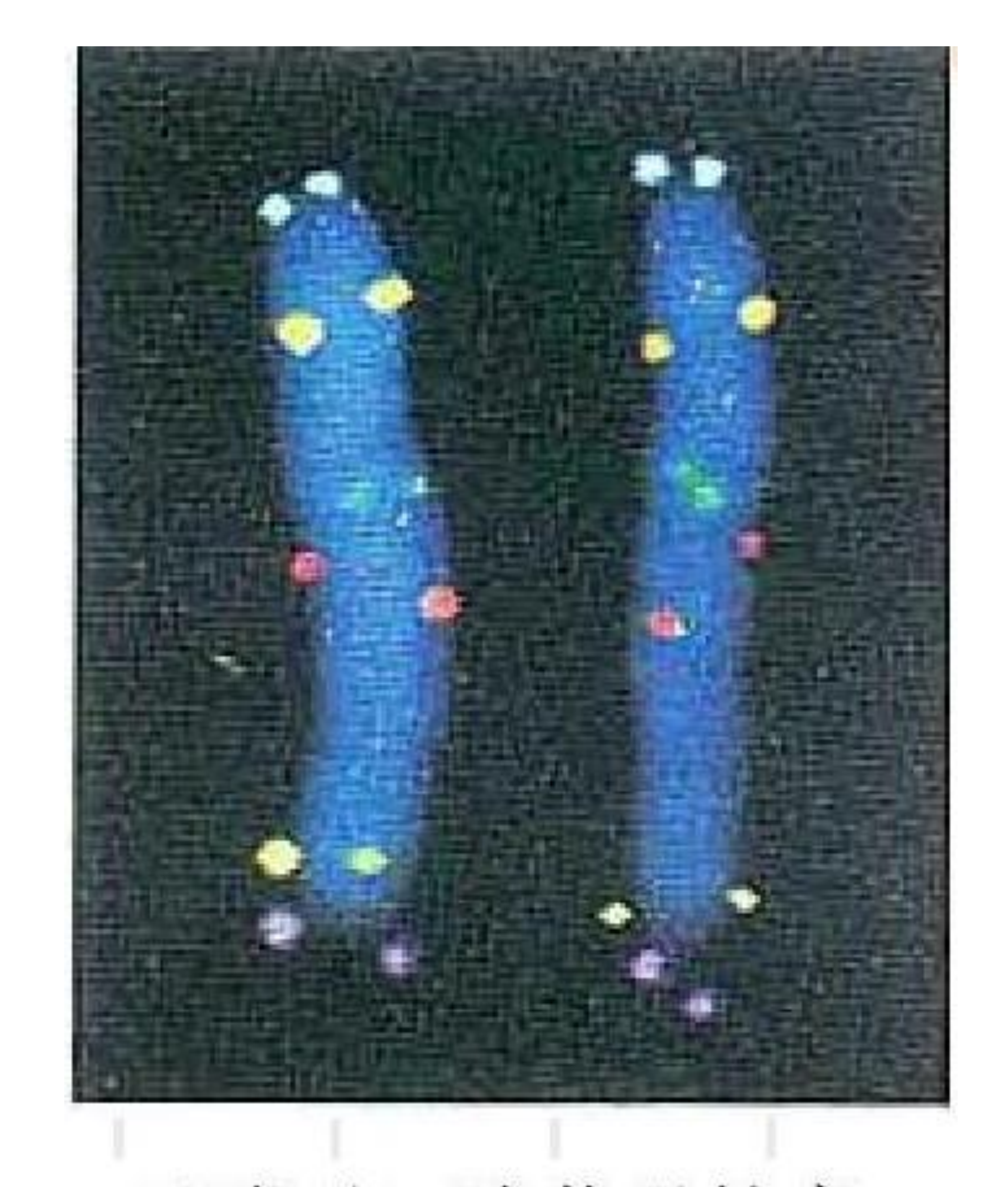
DNA是由很多个核苷酸所组成的生物大分子，每个DNA分子都有两条分子链，每个分子链都是由数百以至数千万个核苷酸一个接一个地连接起来的。整个DNA的立体结构好象一个双股弹簧，经过多次螺旋状的盘绕，贯穿于染色体的纵长。





三、染色体是遗传物质的载体

可以认为，作为遗传物质单位的基因，实际上就是DNA分子链中各个微小的区段。整个DNA分子链从头至尾包括很多个微小区段，有的稍长一点，有的稍短一些，各有不同的分子结构，规定着不同性状的遗传。由于DNA分子双链纵贯于染色体内，所以DNA分子链上的各个基因区段就是染色体上的各个基因位点。



现代分子生物学技术将基因定位在染色体上

第四章　细胞分裂及其遗传学意义

- 细胞分裂是生物繁殖的基础。通过细胞分裂，生物细胞得到增殖，生物体得到生长;遗传物质从母细胞传给子细胞，从亲代传给子代。
- 高等生物的细胞分裂，根据染色体在子细胞中分配到的数量，可分为有丝分裂及减数分裂两种。

一、有丝分裂

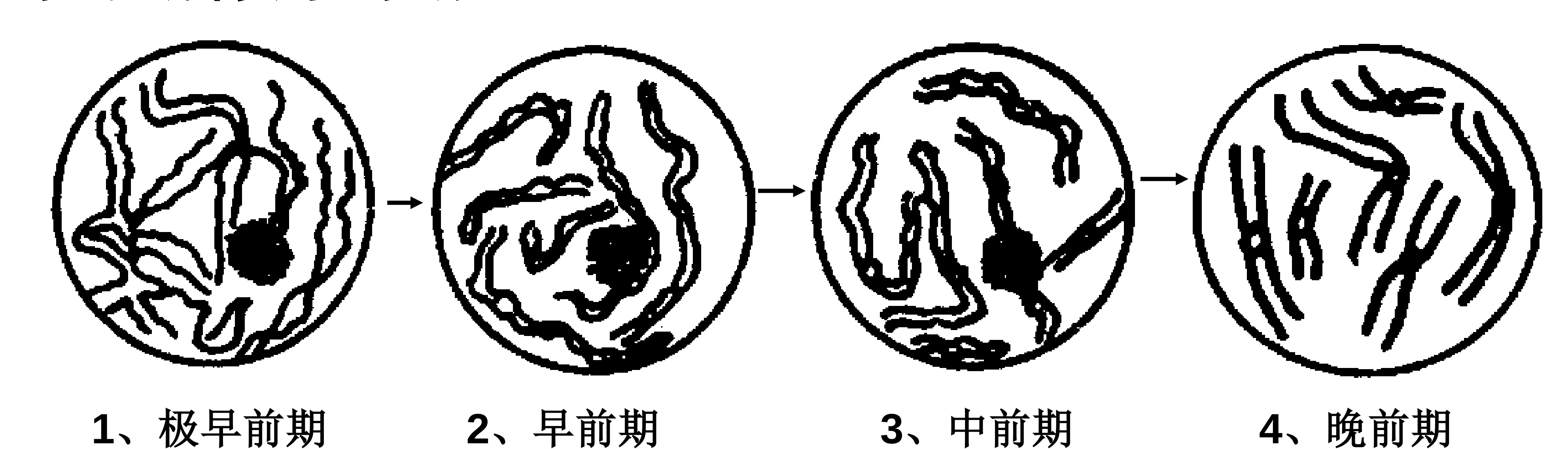
有丝分裂也叫体细胞分裂或等数分裂。高等生物个体的各个部分都是通过有丝分裂增殖细胞而形成的。

有丝分裂的结果：生物的生长:大、高……

一、有丝分裂

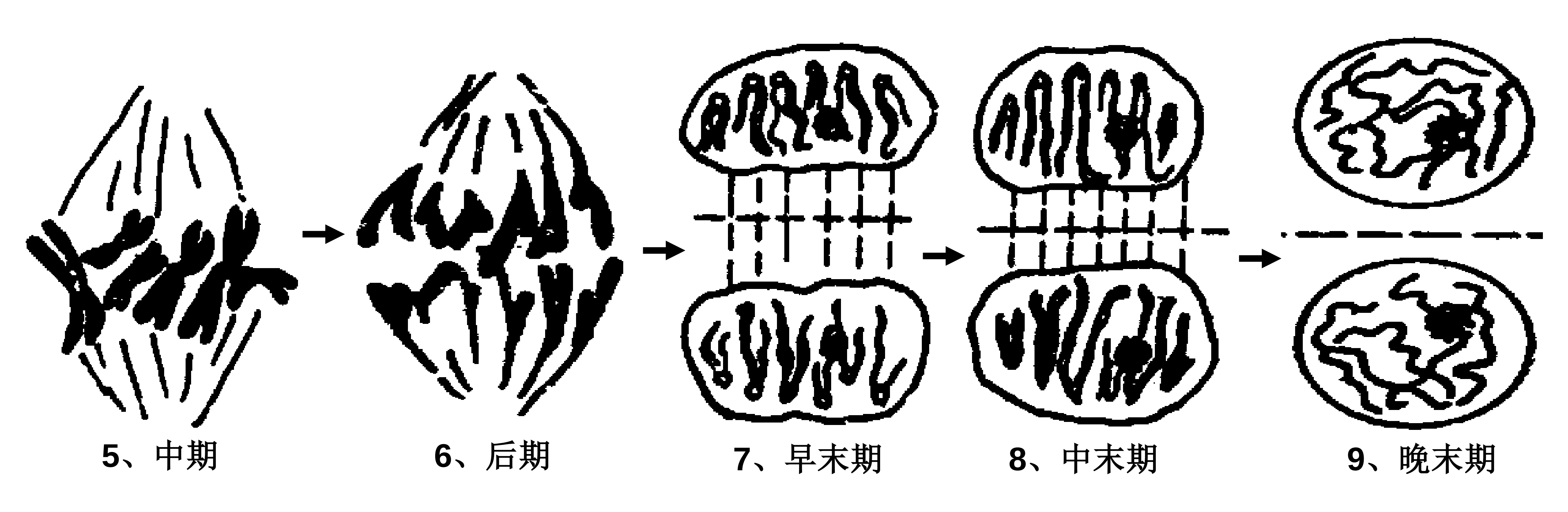
（一）有丝分裂的过程

有丝分裂中，细胞质和细胞核都发生很大变化，但最明显的是核，特别是核内的染色体。根据细胞核分裂变化的特征，有丝分裂过程可分为前、中、后、末四个时期(图1–5)。两次细胞分裂之间的时期称为间期。



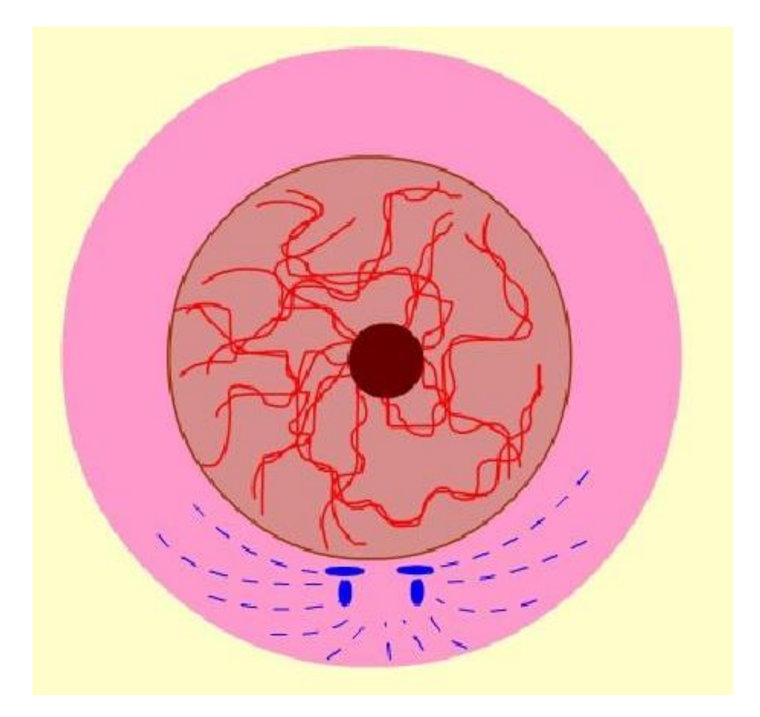
一、有丝分裂

（一）有丝分裂的过程



一、有丝分裂

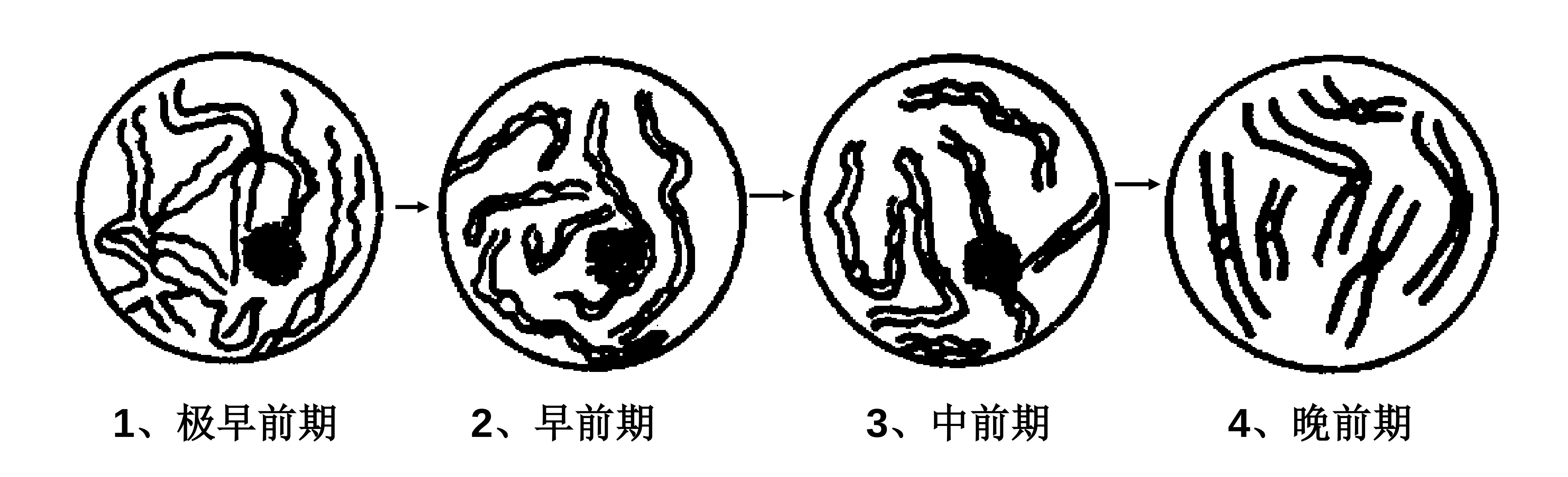
间期　这时在光学显微镜下看不到染色体。但间期的核是处于高度活跃的生理生化代谢阶段，DNA的含量加倍，与DNA相结合的组蛋白也加倍合成。就是说，细胞在间期进行着遗传物质的复制，同时也进行着能量的贮备，从而为继续分裂准备条件。





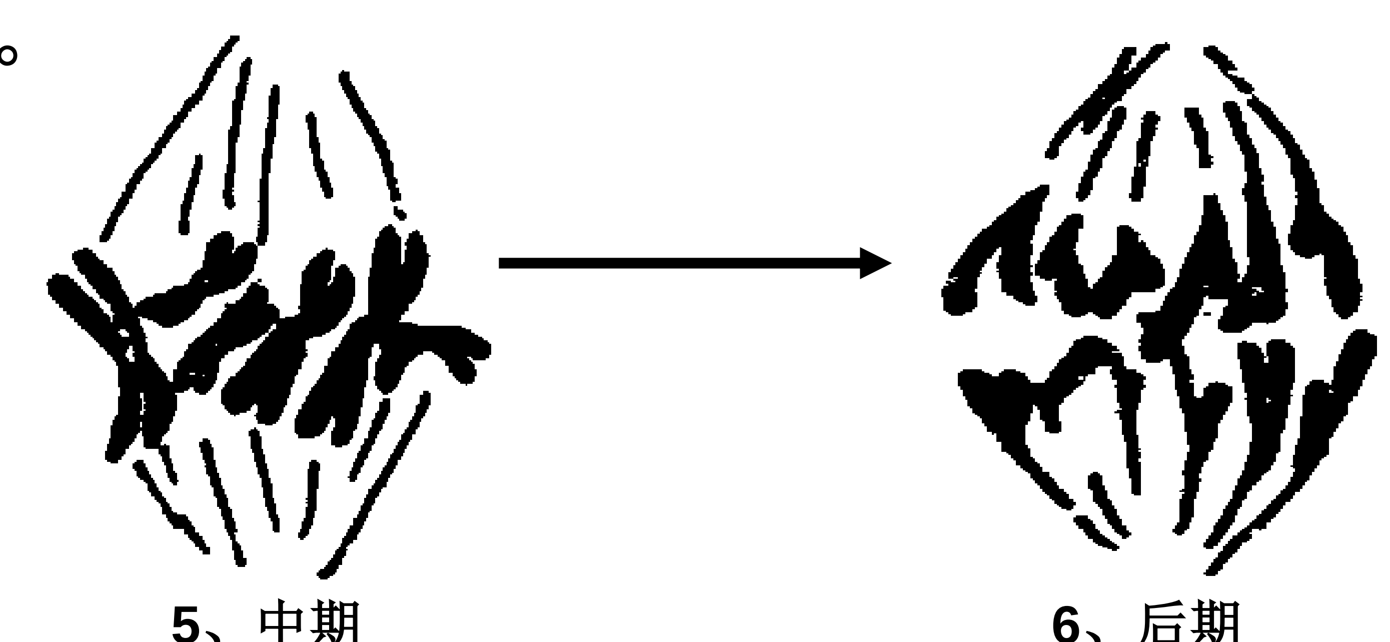
一、有丝分裂

前期 细胞核内出现长而卷曲的染色体，以后逐渐缩短变粗。每个染色体有两根染色单体，这表明此期染色体已经自我复制，但染色体的着丝粒尚未分裂。这时核仁和核膜逐渐模糊不清。从两极出现纺锤丝。



一、有丝分裂

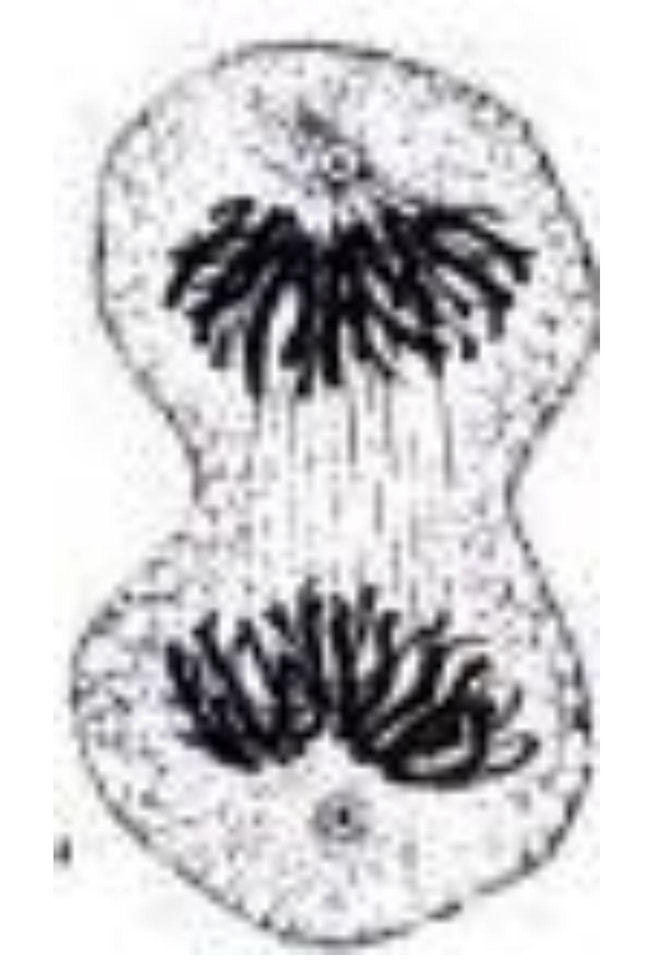
中期　各条染色体均排列在细胞中央的赤道板上，从细胞两极伸出纺锤丝，连接着各条染色体的着丝点，整个空间形状象一个纺锤体。所有染色体的着丝点都分散在一个平面上，而染色体的臂分布在染色体的两侧。这时染色体形态最为典型，最适于检查和计数染色体。



5、中期　　**6、后期**

一、有丝分裂

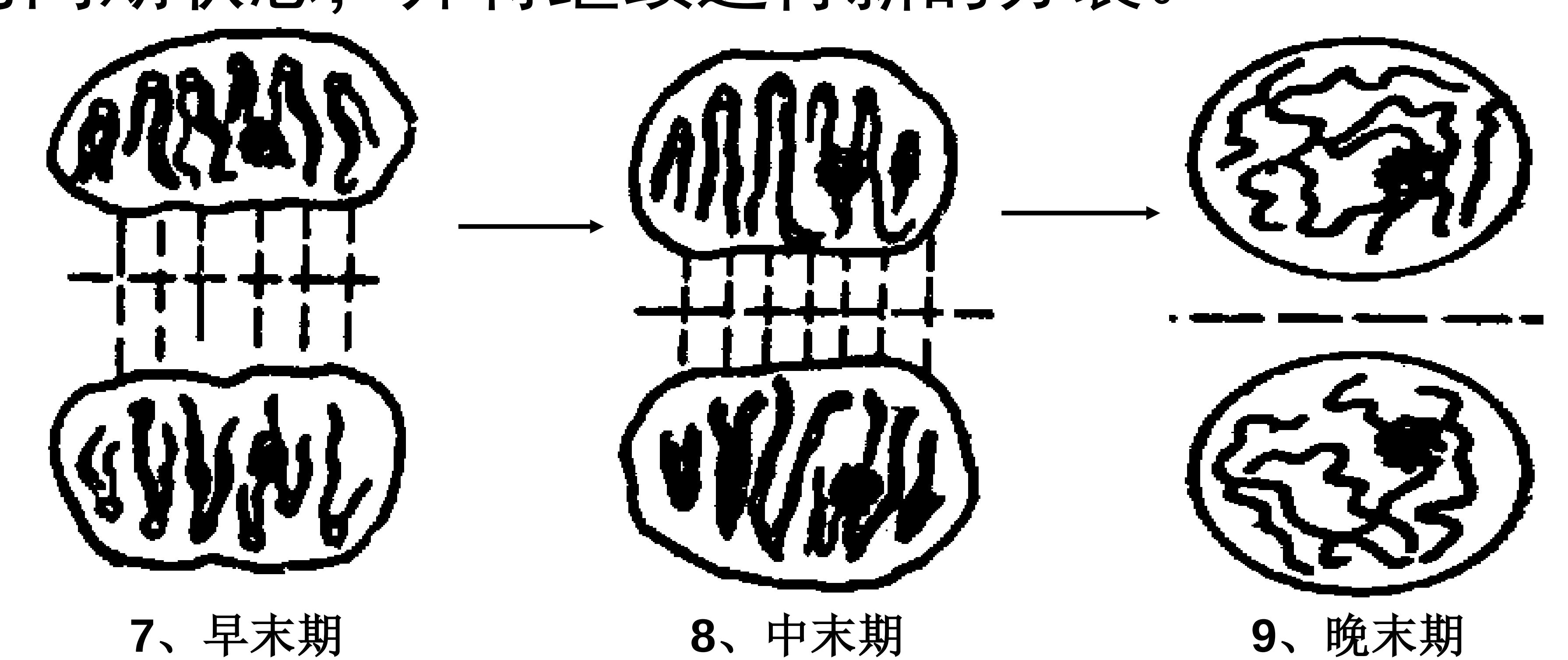
后期　染色体的着丝粒分裂开，各条染色单体独立。随着纺锤丝的收缩牵引，分别移向两极，因而两极各具有与母细胞相同数目的染色体。





一、有丝分裂

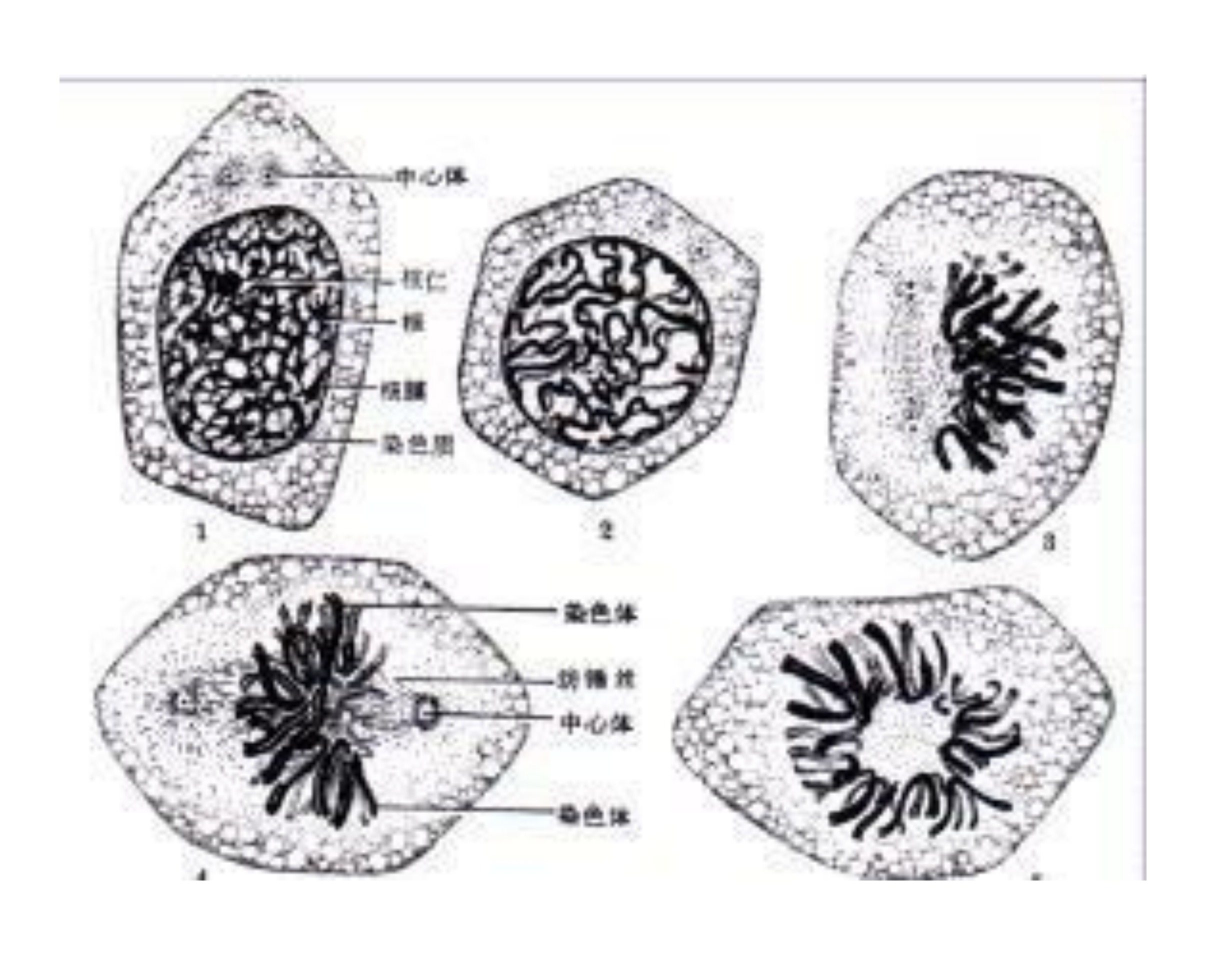
末期　染色体到达两极，周围出现了核膜，染色体又变得松散细长，核仁重新出现;接着细胞质分裂，在纺锤体的赤道板区域形成细胞膜。此时，一个细胞分裂为两个子细胞，各个子细胞又恢复为间期状态，并将继续进行新的分裂。

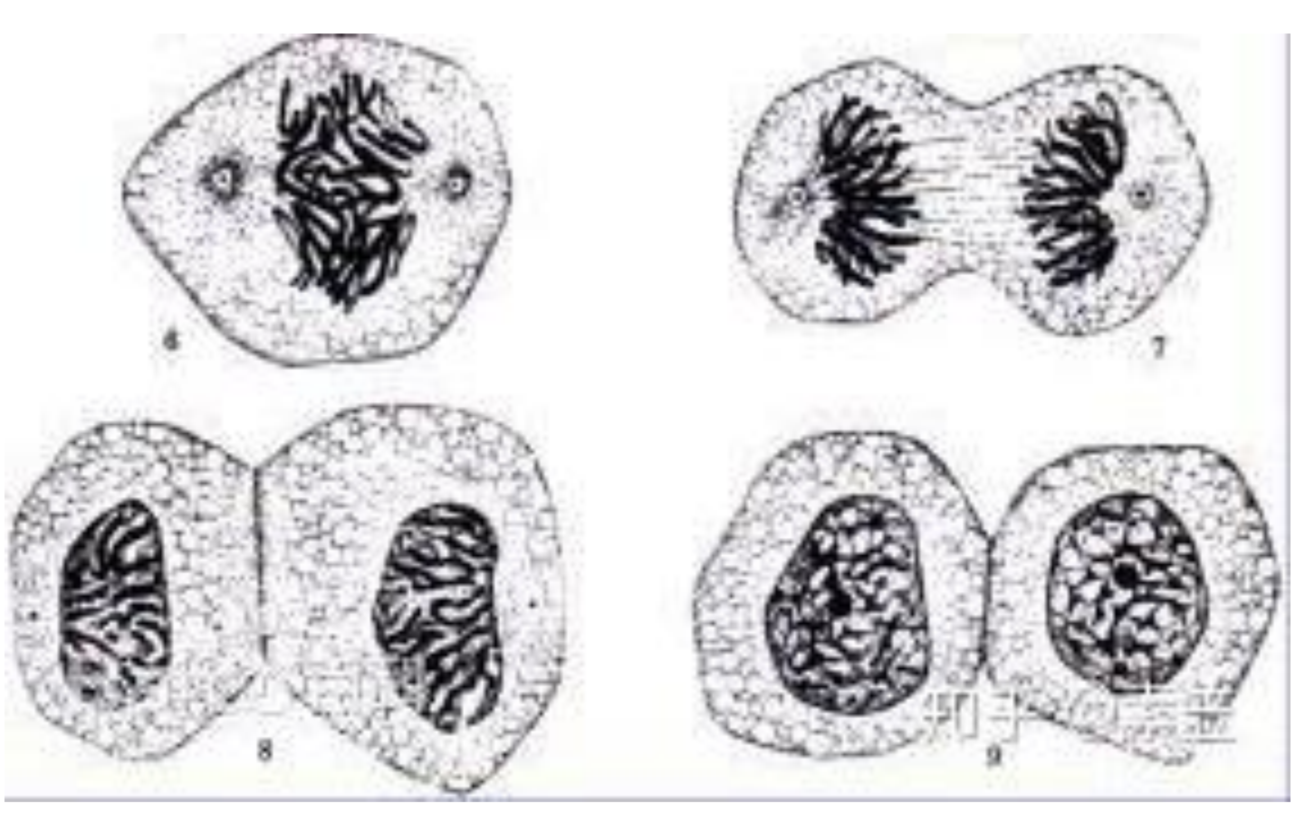


7、早末期　　8、中末期　　9、晚末期

一、有丝分裂

（一）有丝分裂的过程





一、有丝分裂

（二）有丝分裂的遗传学意义

在有丝分裂中，染色体复制一次，细胞分裂一次，因而子细胞与母细胞的染色体数完全相同。这是有丝分裂的基本特点，在遗传上具有重要意义。

首先，由于有丝分裂中核内的染色体都能准确地复制，并均等地分配，从而使生物的各个部分，不论是根、茎、时、穗等任何一部分的体细胞，都具有同等数量和质量的染色体。因为生物体任何一部分的体细胞都是从合子开始，通过无数次细胞有丝分裂而形成的。

一、有丝分裂

（二）有丝分裂的遗传学意义

其次，由于染色体是遗传物质--DNA的载体，所以染色体在有丝分裂中的复制和分配，实质上就是遗传物质DNA的复制和分配。因此，有丝分裂形成的子细胞在遗传物质上也就与母细胞完全相同，因而生物体的各个部分的每个细胞，均具有相同的遗传物质，这样就使每一物种在个体发育中保持着遗传的稳定。植物进行无性繁殖时，从同一个体的不同部分所产生的后代，都能保持与母体相同的遗传性状，其原因就在于此。

二、减数分裂

减数分裂是配子形成过程中进行的染色体数目减半的特殊分裂方式。

例如，玉米体细胞中有20个染色体(2n=20)，在配子形成时通过减数分裂所形成的花粉粒和卵细胞，其核内都只有原来染色体数目的一半(n=10)。

2n=20 ➞ n=10

二、减数分裂

（一）减数分裂的过程

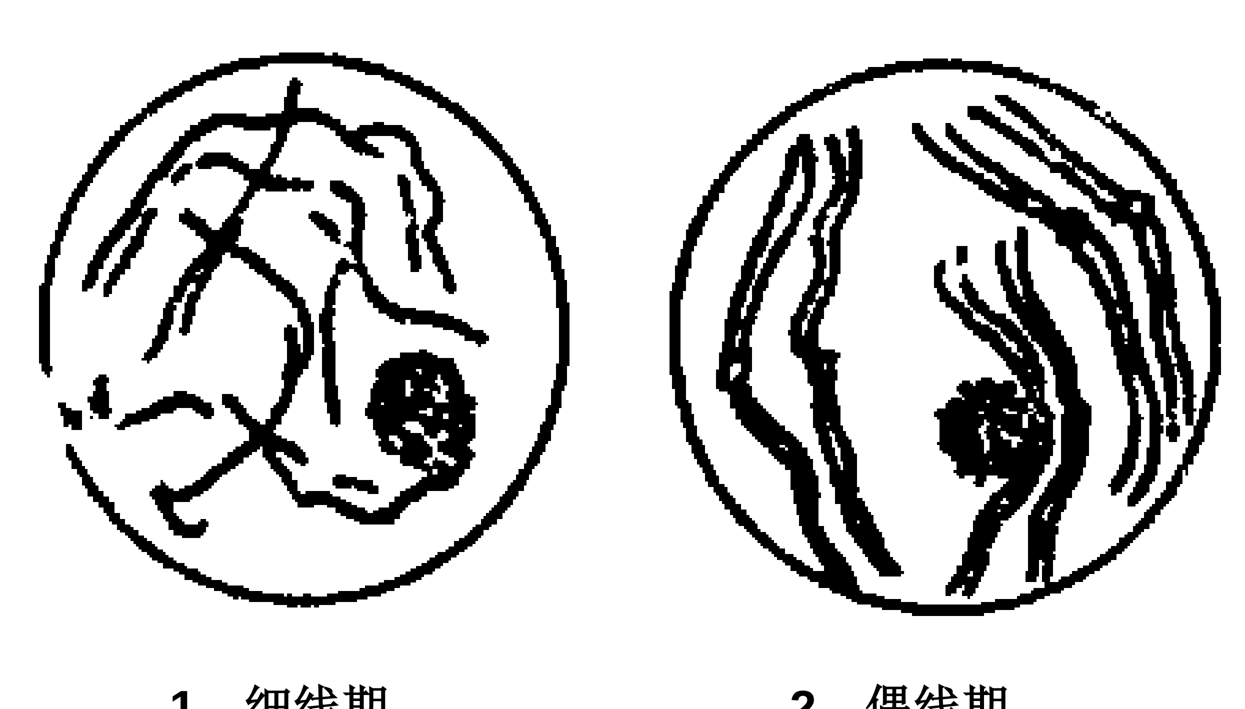
包括连续地两次分裂，第一次是减数的，第二次是等数的。其中第一次分裂的前期较为复杂。

二、减数分裂

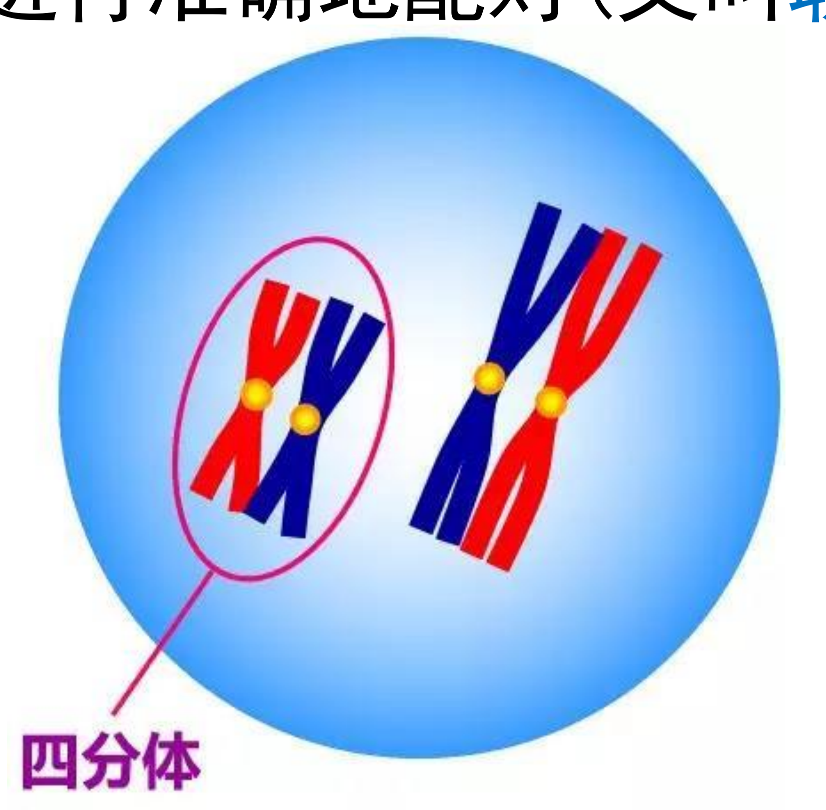
前期Ⅰ（第一前期） 这一时期为时较长，可分为以下五个时期：

细线期 开始进入分裂期，染色质逐渐浓缩成细线状，交织成网。

偶线期 各对同源染色体纵向靠拢，进行准确地配对（又叫联会）



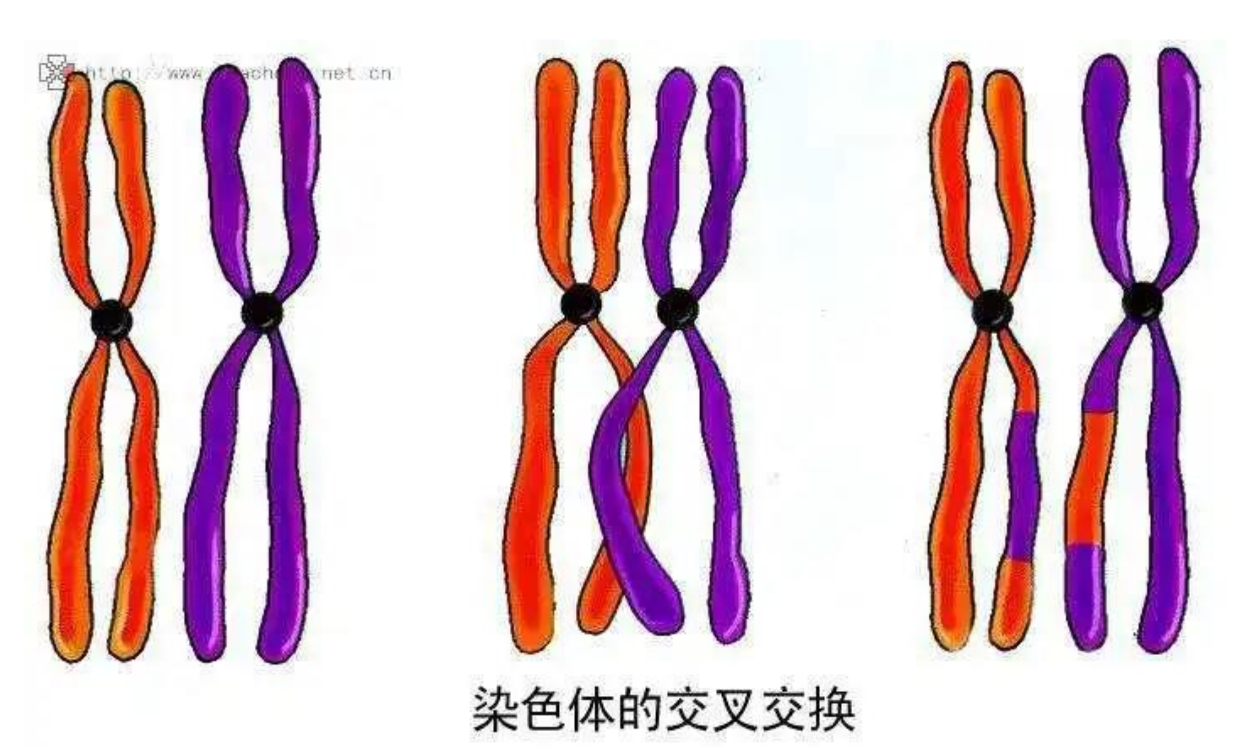
1、细线期　　2、偶线期



二、减数分裂

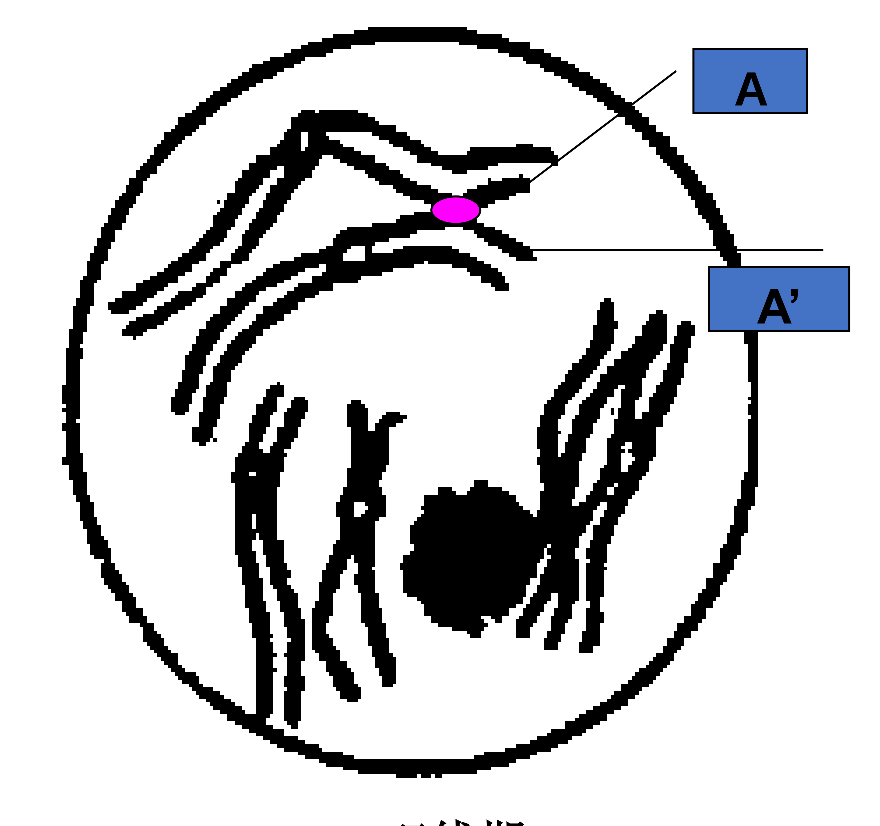
粗线期　染色体变粗变短。每对染色体都包含4条染色单体相互缠绕在一起。由同一个染色体复制成的两根染色单体，称为“姐妹染色单体“；不同染色体的染色单体，则互称为”非姐妹染色单体”。在非姐妹染色单体之间常发生染色体某些区段的交换，这种交换导致了基因交换。


3、粗线期


染色体的交叉交换

二、减数分裂

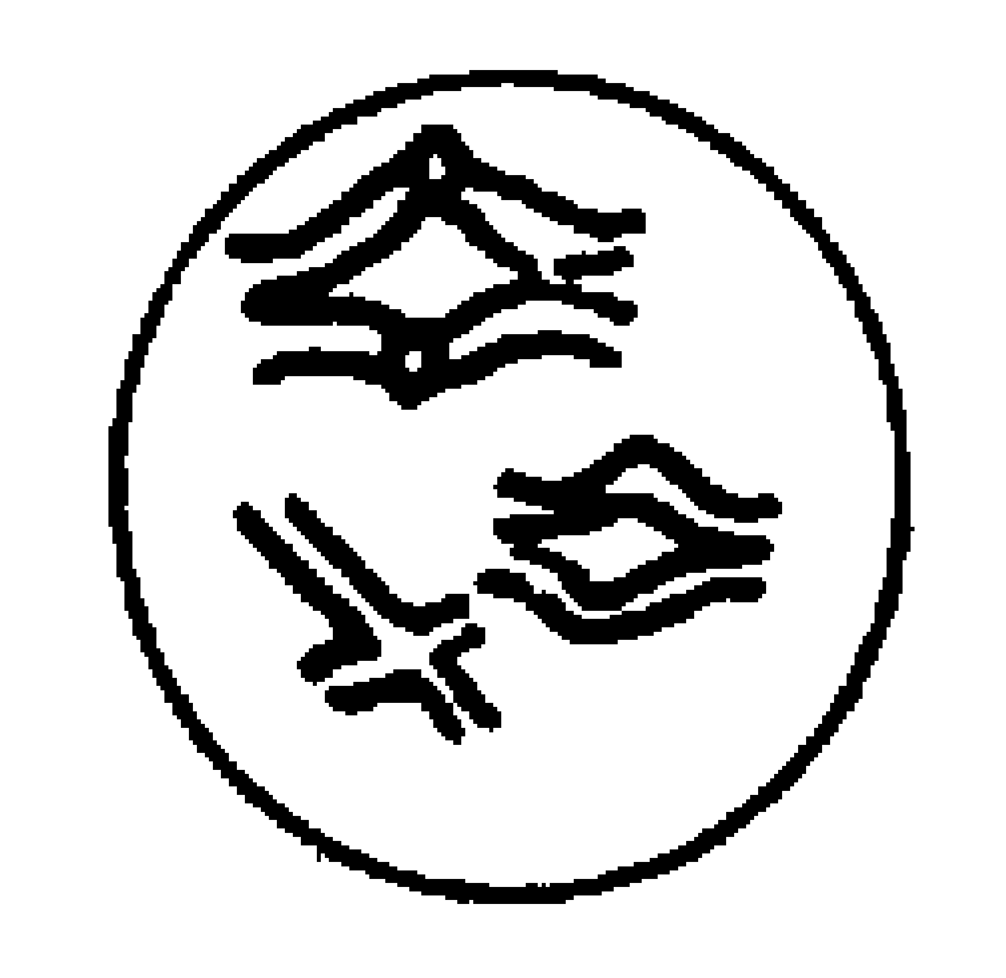
双线期　染色体继续变粗变短，各对染色体因非姐妹染色单体之间相互排斥、背离，而出现交叉现象。这种现象是由于非姐妹染色单体之间发生了某些染色体片断交换造成的。



4、双线期

二、减数分裂

终变期　染色体浓缩到最粗最短的程度，这实际上就是DNA蛋白质纤丝螺旋化程度达到最高点。此时交叉点逐渐移向染色体末端。各对染色体分散在核内，可以一一区分。



5、终变期

二、减数分裂

中期Ⅰ（第一中期） 纺锤丝与各染色体的着丝点相连接。各对同源染色体整齐地排列在赤道板上，而着丝点分别对向两极。



6、中期I



中期I和前期I的终变期是观察鉴定染色体的最好时期。

二、减数分裂

后期 I（第一后期）

由于纺锤丝的牵引，各对同源染色体相互分开，分别移向两极。两极中各有每对同源染色体中的一个，但这时着丝点没有分裂，每个染色体仍含有两条染色单体。

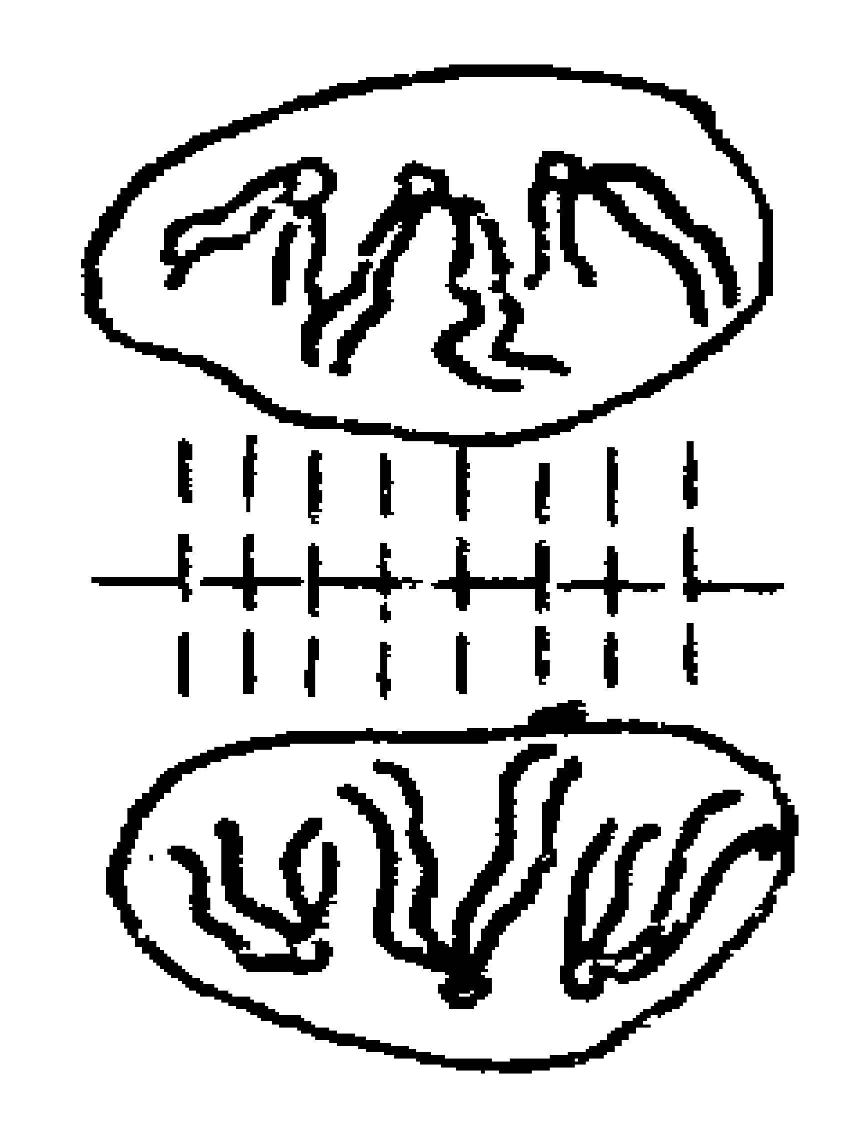


7、后期I

二、减数分裂

末期Ⅰ（第一末期）

染色体移向两极，形成两个核，同时细胞质分为两部分，形成两个子细胞，称为二分子。

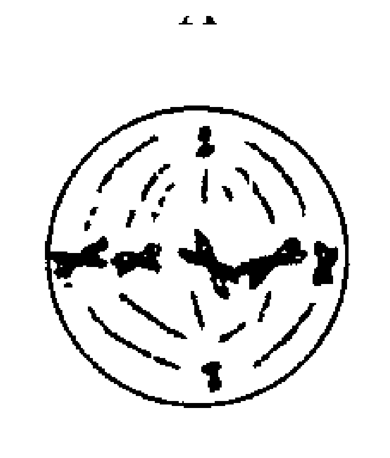
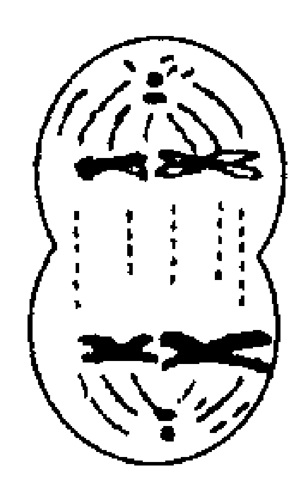
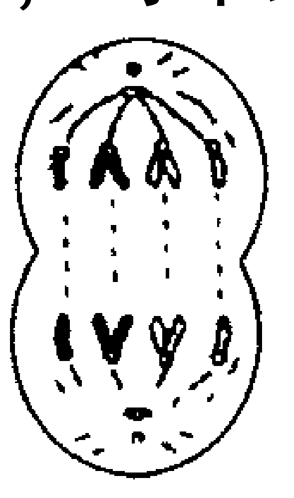
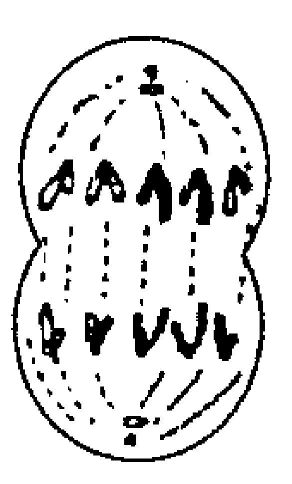
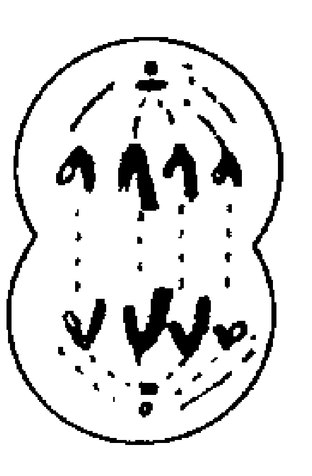


8、末期Ⅰ

二、减数分裂

第二次分裂

前期II紧接着末期I，变化不太明显。到了中期II时，染色体的着丝点又整齐地排列在每个二分子的赤道板上，并且着丝点开始分裂。后期II时，每个染色体的着丝点都分开，并在纺锤丝的牵动下移向两极。末期II时，在两极形成新的核，细胞质也分为两部分。这样，每个孢母细胞经过连续两次分裂，形成了四个子细胞，称为“四分子”或“四分孢子”，每个细胞核里各含有n个染色体。

二、减数分裂

（二）减数分裂的遗传学意义

减数分裂是配子形成过程中的必经阶段，在遗传及其变异上具有重要意义。

首先，是遗传意义。由于减数分裂只发生在配子形成之前，所以通过有性繁殖产生的雌雄配子，其染色体数都比体细胞减少一半；每个配子中各含有n个染色体。当雌、雄配子通过受精结合为合子时，便又恢复为2n个染色体。这样就保证了各种生物染色体数目及其遗传物质的稳定。

二、减数分裂

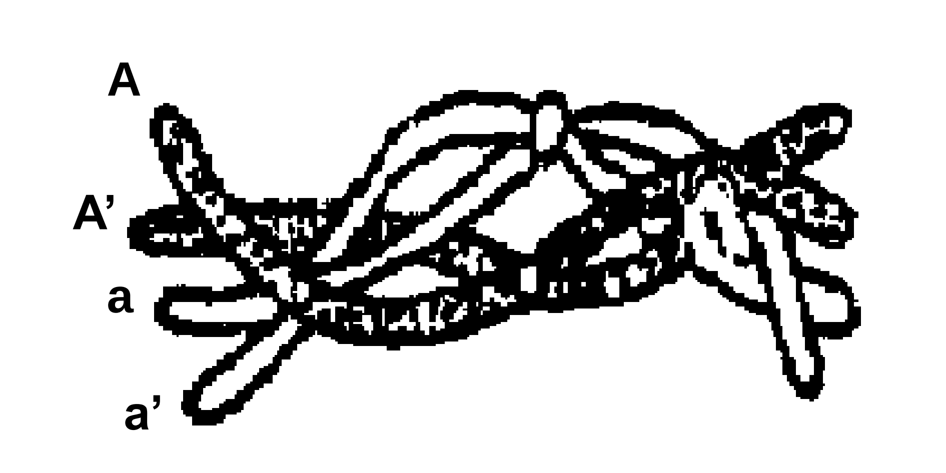
（二）减数分裂的遗传学意义

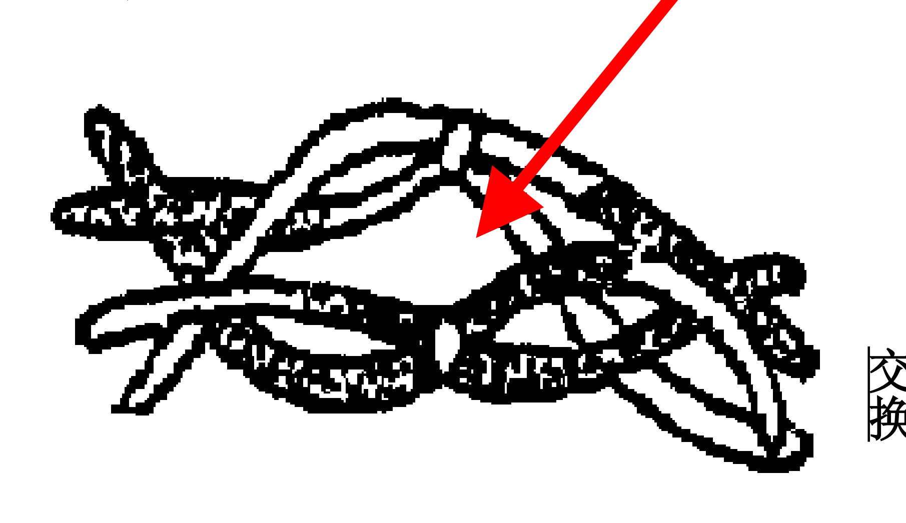
第二，是变异的意义。减数分裂的后期I，各对同源染色体的两个成员彼此分开，并移向两极，至于哪个成员移向哪一极是随机的，所以各个非同源染色体都有可能组合在一个子细胞里，这样就能够形成了多种多样的染色体组合方式。由于不同染色体上所载的基因不同，因而所形成的配子在遗传物质组成上就会多种多样，这是生物变异的主要原因之一，也是自由组合规律的细胞学基础。

二、减数分裂

（二）减数分裂的遗传学意义

第三，变异的意义。在减数分裂的粗线期，同源染色体的非姊妹染色单体之间常发生染色体节段的交换，上面所载的基因也随之交换，这又进一步增加了所形成的不同配子间的遗传差异。这是连锁与交换规律的细胞学基础，也是生物变异的重要原因。





交换

三、配子形成

植物有性繁殖是通过亲代产生的雌、雄配子相结合，再进一步分裂分化而产生后代的过程。

由减数分裂形成的四分孢子在雄蕊里的叫小孢子;在雌蕊里的叫大孢子。大、小孢子还要经过二、三次细胞分裂才能分别产生雌、雄配子(图)。

三、配子形成

在雄蕊的花药里，由小孢子母细胞所形成的每个小孢子的核经过第一次有丝分裂产生一个管核和一个生殖核。生殖核再经过第二次分裂产生两个精核(雄配子)。所以，一个成熟的花粉粒含二个精核，一个管核，各含有n个染色体。

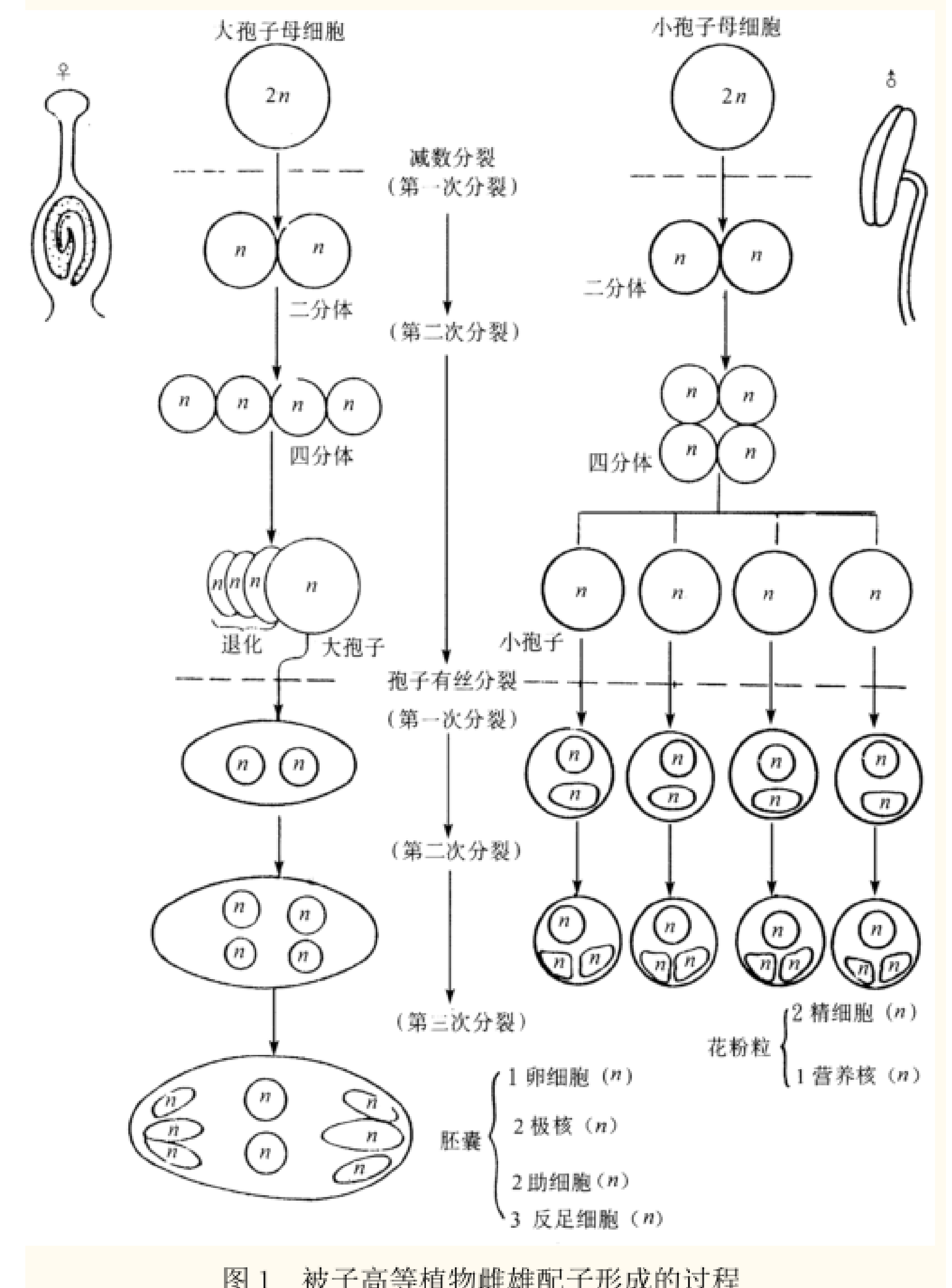


图 1 被子高等植物雌雄配子形成的过程

三、配子形成

在雌蕊子房里胚珠的珠心内，由一个大孢子母细胞所产生四个大孢子中，靠近珠孔的三个都自然解体了，只有远离珠孔的一个继续发育，通过三次孢子有丝分裂，最后形成一个具有八个核的胚囊。在成熟的胚囊内，中间有两个极核，靠近珠孔的一端有三个核，中间的一个为卵核(雌配子)，它的两边有两个助核(助细胞)。胚囊的另一端有三个反足核(反足细胞)。胚囊内的八个核各含有n个染色体。

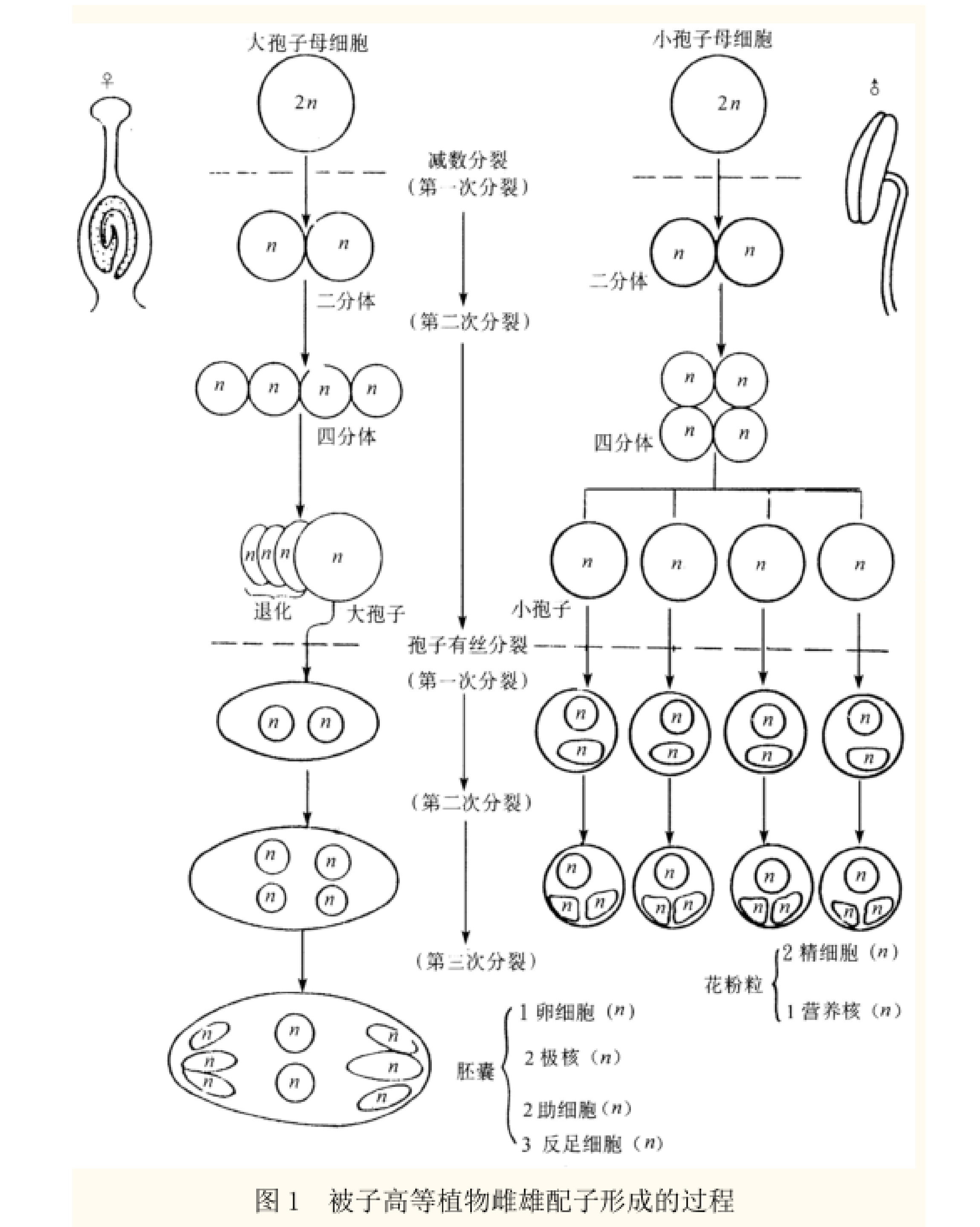
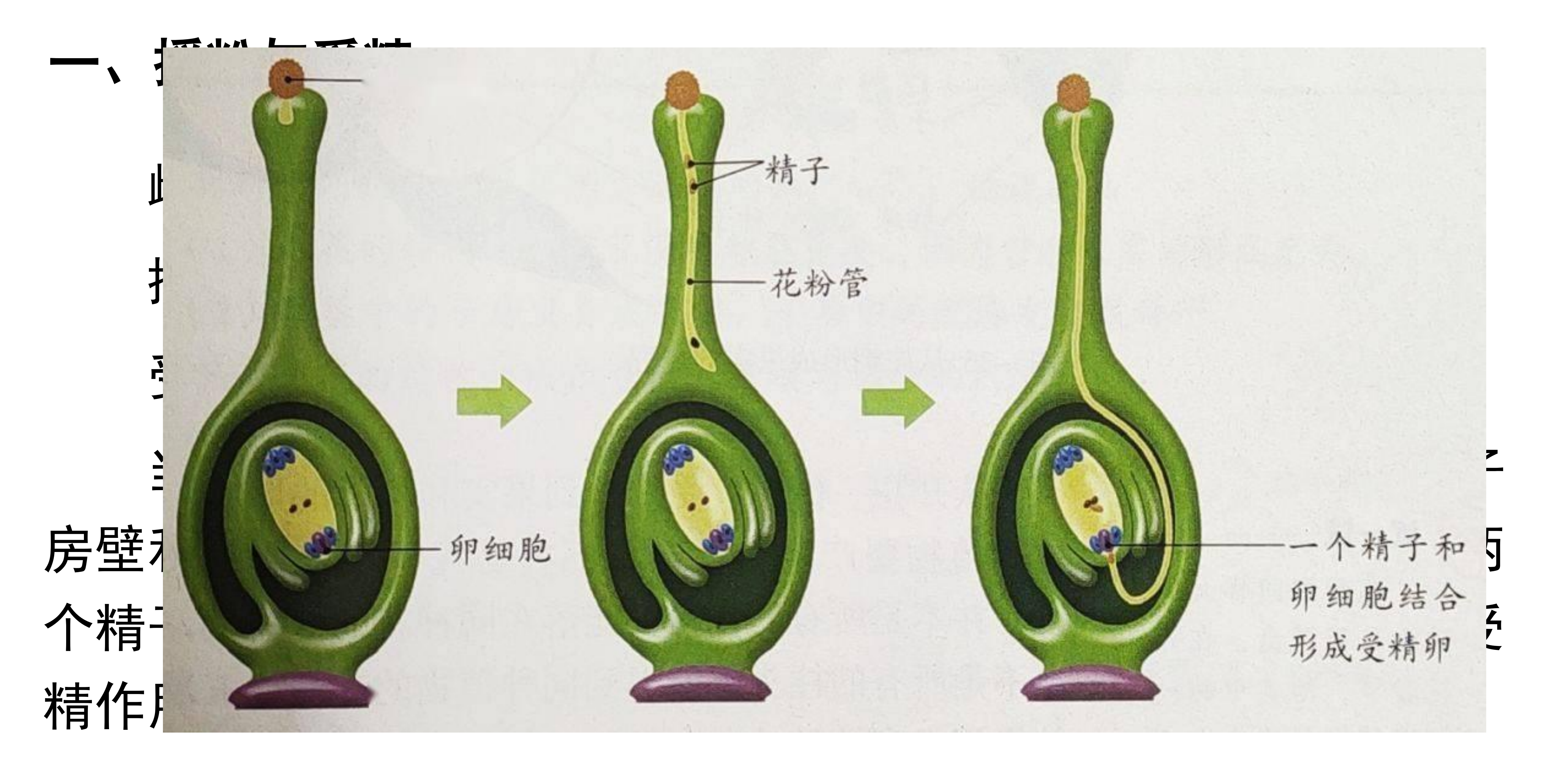


图 1 被子高等植物雌雄配子形成的过程

第五章　授粉、受精与种子形成

一、



房壁

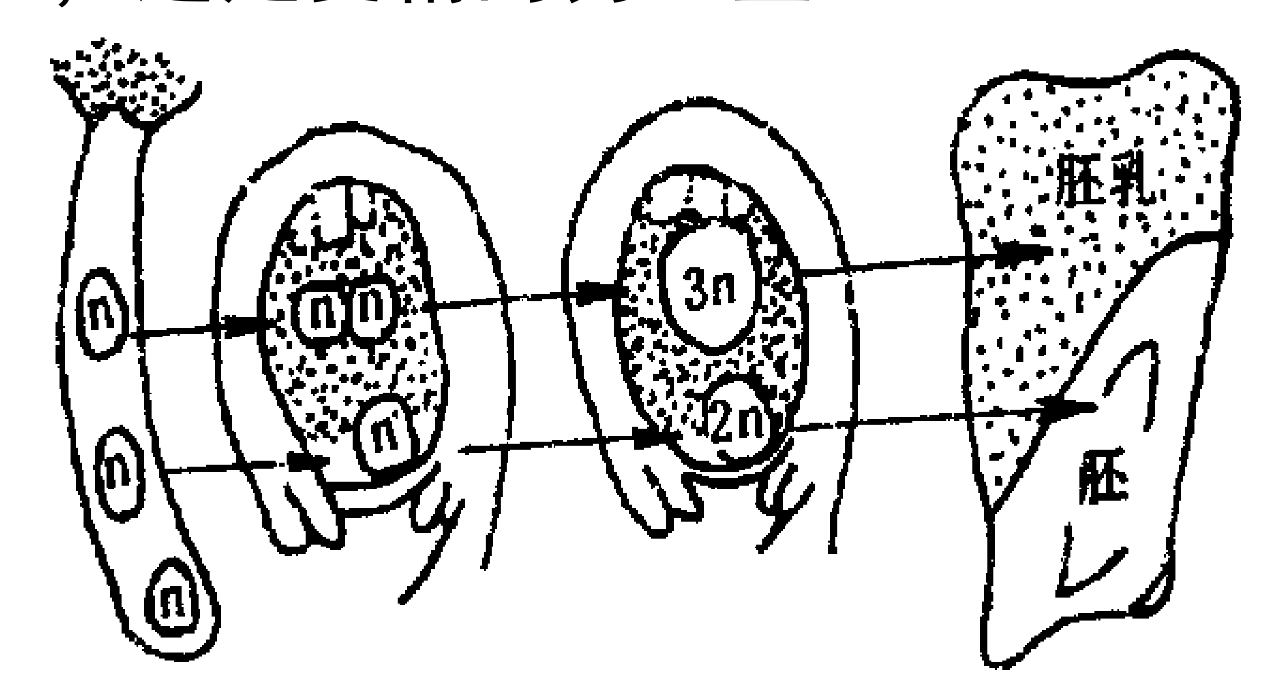
个精

精作

一、授粉与受精

种子植物受精过程的特点是“双重受精”（双受精）。

胚囊中的卵与花粉管送来的两个精子当中的一个结合为合子，这是双受精的一重;胚囊中的两个极核共同与另一精子结合成“胚乳细胞核”，这是受精的另一重。



二、种子形成及各部分的遗传效应

通过双受精产生合子和胚乳细胞核以后，种子形成过程就开始了，一是合子发育成胚;一是胚乳细胞核发育成胚乳。

合子：是下一代最初的一个细胞。胚细胞都是由合子通过有丝分裂产生的;种子发芽后长成的植株又是胚细胞通过无数次有丝分裂而产生的。由此可知，子代个体的全部细胞都是合子无数次有丝分裂的复制品，因此它们都含有相同的遗传物质。合子和由合子发育成的种子，虽然都长在母体植株上，但同播种后由种子长起来的植株一样是子代个体。

二、种子形成及各部分的遗传效应

通过双受精产生合子和胚乳细胞核以后，种子形成过程就开始了，一是合子发育成胚;一是胚乳细胞核发育成胚乳。

由于胚乳细胞是两个极核(n)与一个精子(n)受精的产物，所以就有3n个染色体。如玉米胚乳细胞有3X10个染色体，即3n=30个。由于在种子成熟之前全部胚乳细胞都已解体，填充在里面的只是淀粉、脂肪、蛋白质。胚乳细胞的3n只是短暂地出现在种子形成前期，所以并不影响2n染色体数的稳定。

二、种子形成及各部分的遗传效应

我们通常所说的种子，主要是由胚、胚乳和种皮组成。

种皮的来源不同于胚和胚乳，它是母体的体细胞组织，如大豆、棉花、花生等作物的种皮，是由胚囊外围的珠心和珠被发育成的；而水稻；小麦、玉米等禾谷类作物的“种子”，实际上是植物学上的果实，它们的“种皮”来源，还包括子房壁在内，是果皮和种皮的混合组织。

不论哪一种情况，种皮都不是受精过程的产物，而是亲代母体体细胞组织的一部分，只有母体的遗传物质基础。因此，不能笼统地把整个种子都看成是子代。

三、直感现象

直感现象是指在杂交的情况下，由母本植株所结的种子或果实，直接表现出父本的某些性状的现象。

例如，将黄胚乳玉米的花粉授于白胚乳玉米雌蕊柱头上后，所结的果穗出现黄胚乳的籽粒;又如，以糯性胚乳水稻作母本，普通非糯性的水稻作父本进行杂交后，由糯质母本所给出的稻谷胚乳则成为非糯性的。

三、直感现象

直感现象是指在杂交的情况下，由母本植株所结的种子或果实，直接表现出父本的某些性状的现象。

再如，将种子胚尖无色的普通玉米花粉授于种子胚尖为紫色的玉米雌蕊柱头上后，所结的果穗出现胚尖无色的籽粒。

前两例为胚乳直感，后一例为胚直感，均称为花粉直感。造成花粉直感的原因，是由于胚和胚乳是双受精的直接产物，能够直接受到父本遗传物质的影响，从而在杂交当代母体上就有可能出现父本的某些性状。

四、植物的生活周期

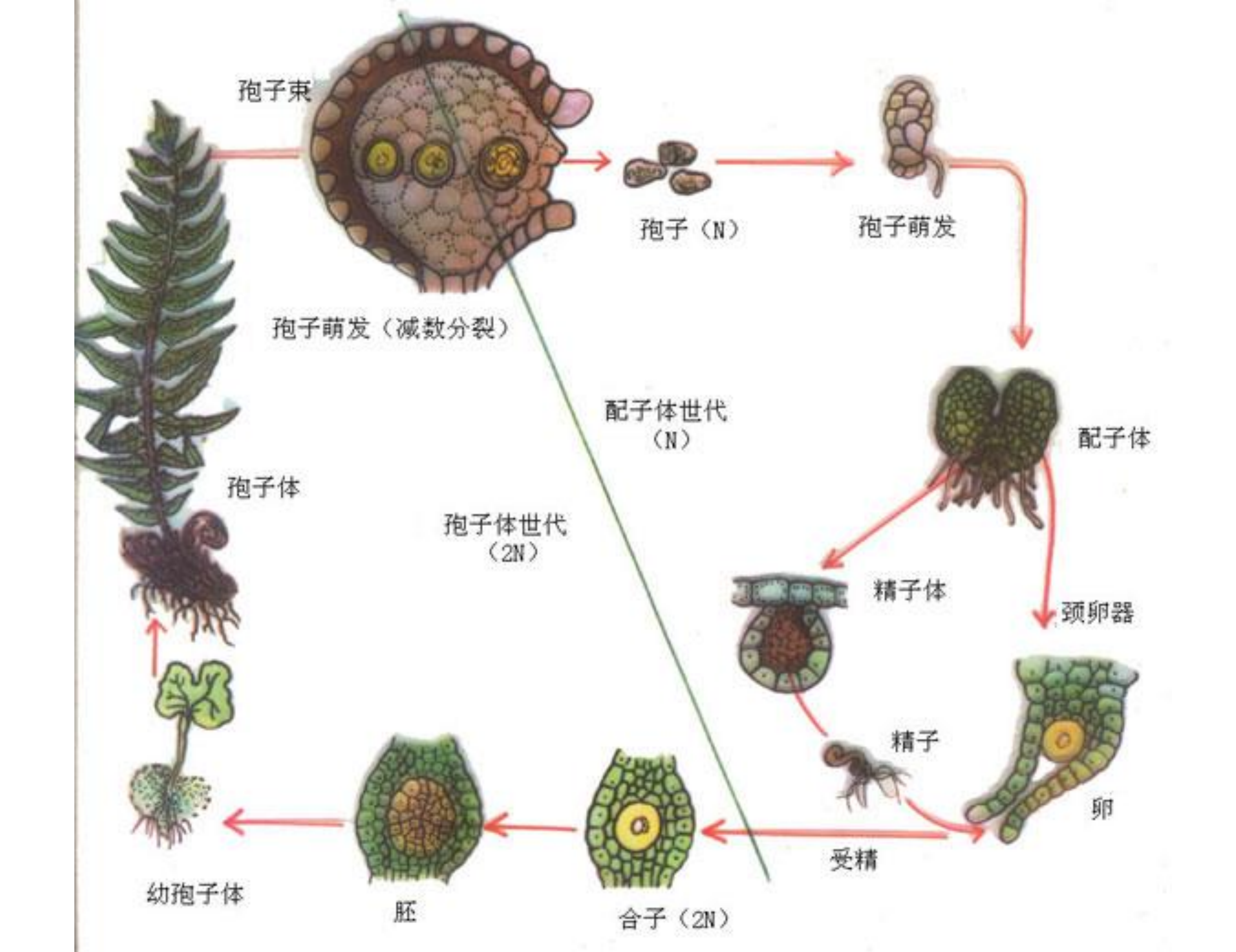
不论单细胞生物或多细胞生物，在其一生中都要经过一系列的生长发育，这样一个完整的生命周期称为个体发育。

高等植物的个体发育一般是指从种子胚到下一代的种子胚的整个发育过程。这一过程是由孢子体的无性世代与配子体的有性世代两个交叉共存的阶段组成。因两者是交替发生的，故称为世代交替。

四、植物的生活周期

从合子开始经过一系列有丝分裂，发育成一个完整的植株，为无性世代即孢子体世代。

这个世代中，每个体细胞都含有来自上一代雌配子和雄配子的染色体及其遗传物质，染色体数为2n。孢子体发育到一定阶段（生殖阶段）后，便在孢子囊（花药和胚珠）内发生孢母细胞的减数分裂，产生染色体数减半的大孢子和小孢子，大、小孢子经过有丝分裂分化为雌、雄配子体，进入配子体的有性世代，当雌、雄配子受精结合，遂即完成有性世代，无性世又重新开始。高等植物的配子体世代很短暂，而且是在孢子体内渡过的。



孢子束
孢子（N）
孢子萌发
孢子萌发（减数分裂）
配子体世代
（N）
配子体
孢子体
孢子体世代
（2N）
精子体
颈卵器
精子
卵
受精
幼孢子体
胚
合子（2N）

四、植物的生活周期

但有些植物由于器官利用与繁殖方式的不同，它们的生活周期就有很多不同特点。

如：多年生草本植物可用分株繁殖；块茎、球根植物可用块茎、块根繁殖，一般不结籽，长期处于孢子体世代。多年生木本植物，也可以通过无性繁殖而无限延长，在它们的生活周期中，有性世代出现，标志着新一代开始，而且能年复一年地开花结果，但原来的个体发育仍然继续，并不因新一代开始而结束。

总之，植物越是向高级形式发展，它们的孢子体世代就越长，繁殖方式也越复杂。

复　习　题

- 1. 解释名词：原核生物　真核生物　同源染色体　非同源染色体 姐妹染色体　非姊妹染色体　DNA蛋白质纤丝 双受精
- 2. 植物细胞由哪几部分组成，各部分的作用如何?细胞质有哪些细胞器，各有何特点和作用?细胞核的构造如何?

复　习　题

- 3. 从形态上看，染色体由哪几部分组成?在细胞分裂的哪一时期最容易鉴别与计数染色体?为什么?
- 4. 在染色体内DNA蛋白质纤丝存在的形式如何?为什么DNA的长度要比它所在的染色体长一万倍?
- 5. 试比较有丝分裂与减数分裂的区别。这两种细胞分裂方式在遗传上有何意义?